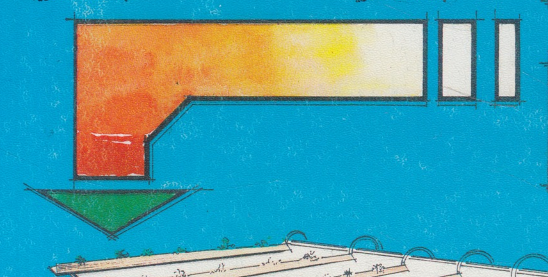


تقنيات الغشاء المغذى

NUTRIENT FILM TECHNIQUE

أ. د. عبد المنعم بلبع
كلية الزراعة
جامعة الأسكندرية

أ. د. ماهر جورجي نسيم
كلية الزراعة
جامعة الأسكندرية



الناشر  بالاسكندرية

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية
جلال حزى وشركاه
٤٤ ش سعد زغلول الاسكندرية تليفون/فاكس : ٤٨٣٣٣٠٣

الزراعة بدون أرض

تقنيات الغشاء المغذى

NUTRIENT FILM TECHNIQUE

أ. د. عبد المنعم بلبع
كلية الزراعة
جامعة الأسكندرية

أ. د. ماهر جورجى نسيم
كلية الزراعة
جامعة الأسكندرية

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية
جلال حزى وشركاه







محتويات الكتاب

الباب الأول
تعريف الزراعة بدون أرض

صفحة

الباب الثانى
كيف يتغذى النبات

الباب الثالث
نظام الغشاء المغذى

الباب الرابع
خدمة وحدات الزراعة بالغشاء المغذى

الباب الخامس
استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

الباب السادس
مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة الكتاب

كان نقل التقنيات الحديثة فى مجال الزراعة أحد أهدافنا الدائمة امتدادا لنشاطنا الأصلى بالجامعة ، ولتحقيق هذا الهدف كانت كتبنا « خصوبة الأراضى والتسميد » و« استصلاح وتحسين الأراضى » و« فحص الأراضى » التى أستهدفت بالاضافة إلى الناحية الاكاديمية توضيحا للتقنيات الحديثة المتبعة فى هذه المجالات بحيث يستطيع القارىء الممارس للزراعة الاستفادة منها فضلا عن دارسى علم الأراضى .

وبعد أن سلكت مصر طريق الانفتاح الاقتصادى ، انعكس ذلك على المجال الزراعى ، فالزراعة نشاط اقتصادى أولا وأخيرا ، فكان انتشار البيوت الزراعية (الصوبات) على اختلاف مستوياتها التقنية من أوضح ما يتميز به النشاط الزراعى فى السنوات العشر الأخيرة ، وإذا كنا قد تأخرنا بعض الوقت فى إصدار كتابنا « الزراعة المحمية » إلا أنه خطوة للحاق بالتقنيات الحديثة التى ذاعت فى العالم الخارجى شرقه وغربه خصوصا بعد أن دخل العالم العربى هذا الميدان ، وكان هدفنا منه أن يجد ممارسو هذا النشاط بمصر والبلاد العربية وصفا دقيقا لعملياته المختلفة .

وحرصنا ألا نتأخر فى مجال « الزراعة بدون أرض » وقد انتشرت تقنياتها فى الغرب المتقدم ، ولذا بادرنا باصدار كتابنا هذا حتى يمهد الطريق لهذه التقنيات الزراعية المتقدمة والتى تعتبر وسيلة فعالة فى زيادة إنتاج الغذاء بصفة عامة وفى البيوت الزراعية بصفة خاصة ، وقد أشرنا إلى هذه التقنية فى كتابنا « الزراعة المحمية » غير أننا شعرنا أن هذا الموضوع وقد حقق فى السنوات الأخيرة تقدما كبيرا يستلزم كتابا خاصاه يصف تفاصيل هذه التقنيات بشكل مبسط لا يصعب على أى مشتغل بالزراعة متابعته وتفهمه خصوصا وأن فى مصر والعالم

العربى بيوتا زراعية ــ صوبات ــ تستخدم تقنيات متقدمة منها الزراعة بدون أرض كما هو حادث فعلا ومنذ عدة سنوات بالكويت وغيرها من دول الخليج .

وسوف يلاحظ القارىء فى كتابنا الحالى « الزراعة بدون أرض » أننا قد أعطينا لتقنيات الغشاء المغذى Nutrient Film Technique "NFT" مكانا فسيحا ، وذلك لأن هذه التقنيات قد أثبتت نجاحها من عدة نواح من بين طرق الزراعة بدون أرض .

ــ فقد تغلبت على مشكلة تهوية الجذور التى تعترض نجاح الزراعة فى المحاليل « الهيدروبونيكس » ،

ــ أن إنتاجية النباتات بهذه الطريقة تزيد كثيرا عن إنتاجيتها بالتربة والمواد الخاملة مما يبرر استخدامها ويعوض ما ينفق على تنفيذها ،

ــ أن احتمالات تطويرها كبيرة حتى أن شركة كبرى مثل « جنرال موتورز » تخطط لاستخدامها فى سفن الفضاء .

وقد أوضحنا فى باب خاص من كتابنا الاستخدامات الناجحة لتقنيات الغشاء المغذى ، وما على القارىء إلا أن يلقى نظرة سريعة على قائمة هذه الاستخدامات ليعرف أنه يمكن أن تستخدم فى جميع أنواع النشاط الزراعى التجارى والتزيين (الديكور) المنزلى ، ويعتبر العاملون فى مجال نباتات الزينة من أكثر الطوائف استخداما لهذه الطريقة .

وسوف يتبادر إلى ذهن القارىء تساؤل هام وهو ما الذى يدعو إلى استخدام تقنيات الغشاء المغذى ــ باعتبارها أكثر طرق الزراعة بدون أرض نجاحا ــ والعزوف عن استخدام الأراضى الزراعية ، وهل يعنى شيوع تقنيات الغشاء المغذى تبوير الأرض وعدم استزراعها ؟؟

وللإجابة على هذا التساؤل نقول إن أصحاب البيوت الزراعية (الصوبات) يعرفون أن الزراعة بأرض هذه البيوت أمر غير مضمون ويقتضى

تعقيم التربة بعد كل محصول تجنبا لما تحتويه من مسببات الأمراض وتجهيز وسائل للرى وأخرى للصرف فضلا عن أن خواص التربة نفسها قد لا تكون ملائمة ، وكثيرا ما يلجأ أصحاب هذه البيوت إلى إستبدال الأرض بالمواد الخاملة .

ونظام الغشاء المغذى بتجهيزاته يتجنب كل متاعب التربة ويزيد انتاجه كثيرا عن انتاجية التربة وكذا عن انتاجية البيئات الخاملة فضلا عن أنه يتخلص تماما من تجهيزات الرى والصرف بمختلف أنواعها وتكلفتها . ولذلك فإن أصحاب البيوت الزراعية هم أهم الطوائف التى استخدمت الغشاء المغذى فى إنتاجها .

ويلجأ إلى نظام الغشاء المغذى فى حالات الحاجة إلى إنتاج الخضر فى المناطق النائية حيث لا تتوفر الظروف المناسبة لإنتاج الخضر بالطرق المعتادة خصوصا حول المناجم وآبار البترول وقد لجأ الجيش الأمريكى إلى استخدام هذا النظام لانتاج الخضر لتغذية جنوده باليابان بعد أن لوحظ أن الخضر التى تشترى من السوق مروية بماء المجارى وناقلة لبعض الأمراض .

كما أن إنتاج العلائق الخضراء على مدار السنة وفى الأجواء غير الملائمة باستخدام الغشاء المغذى لتغذية قطعان الأبقار أصبح وسيلة شائعة فى بعض البلاد الغربية .

أما أن شيوع تقنيات الغشاء المغذى تعنى العزوف عن استزراع الأرض وتبويرها فأمر غير متوقع ، وستظل الأراضى الزراعية المصدر الرئيسى للانتاج الزراعى .

وكتابنا الحالى ــ الزراعة بدون أرض ــ يصف بإسهاب الأسس التى تقوم عليها تقنيات الزراعة بدون أرض بوجه عام وتقنيات الغشاء المغذى « NFT » بصفة خاصة . وقد أفردنا بابا خاصا لما يتصل بتغذية النبات من المحاليل وتجهيز هذه المحاليل المغذية مع التركيز على الناحية التنفيذية ، كما أفردنا بابا آخر لمتابعة

المحلول المغذى طوال فترة نمو النبات حتى يظل بيئة ملائمة للنبات وقادرة على تغذيته . ومتابعــة الحالة الغذائية فى النبات نفســه سواء بمتابعة وملاحظة ما قد يظهر على النبات من أعراض ظاهرية أو بتحليل أوراق النبات للتعرف إلى ما قد يكون ناقصا من العناصر عن الحد الضرورى أو ما يكون زائدا عن حد احتمال النبات لهذه الزيادة ، وقد راعينا سواء فى إجراء التقديرات الضرورية لمتابعة المحلول الغذائى أو لمتابعة حالة النبات الغذائية شرح طرق التقديرات دون الخوض فى النواحى الأكاديمية المتخصصة .

كما أفردنا بابا خاصا لإعداد شتلات النباتات التى سوف تكمل حياتها بأى طريقة من طرق الزراعة بدون أرض ، وأعطينا فى هذا الباب قسطا وافرا من اهتمامنا لإحدى التقنيات الحديثة الهامة والتى سبقنا الغرب المتقدم إليها وأصبحت تمارس على نطاق تجارى ــ فضلا عن البحوث العلمية ــ منذ عده سنوات ألا وهى « زراعة الأنسجة » وقد بدأت مصر ممارسة هذه التقنية على نطاق تجريبى وتطبيقى فى بعض جامعاتها ، والأمل كبير بإذن الله أن يزداد الاهتمام بهذه التقنيات حتى يصبح استخدامها على نطاق تجارى واقعا يؤكد عزم الزراع المصريين والعرب على التقدم بمهنة الزراعة إلى مستوى التقنيات المعاصرة .

والكتاب الحالى ــ الزراعة بدون أرض ــ ثمرة قراءات ومشاهدات بمصر وبعض الدول العربية والولايات المتحدة الأمريكية ، وقد اعتمدنا فيما أوردنا فيه من بيانات ونتائج التجارب والخبرات على ما نشره دكتور الن كوبر Dr. Allen Cooper مدير تقنيات الغشاء المغذى بانجلترا Managing Director of Nutrient Film Technology Ltd. والذى يعتبر المصدر الأساسى لكل ما يتصل بتقنيات الغشاء المغذى لطول ممارسته له وكثرة ما نشره عنه سواء فى كتابه Nutrient Film Technique أو فى الدوريات العلمية المتخصصة . وكذا دكتور A. H. Phillips وما نشره على مدى سنوات طويلة وكتابه عن البستنه بدون

أرض Gardening Without Soil هذا بالاضافة إلى عدد من المراجع المتخصصة فى المجالات ذات الصلة الوثيقة بالموضوع الأصلى للكتاب سواء فى تغذية النبات أو غيره من المجالات .

وقد حرصنا على الدقة العلمية وسهولة التعبير مع البعد عن التفاصيل التى لا تهم غير الدارسين المتخصصين ، فنحن نكتب للزارع المتنور الذى أدخل أكثر البيوت الزراعية تقدما ، ولم يثبط عزمه أن الزراعة التى يمارسها الملايين من حوله زراعة متخلفة تمارس طرقا وتقنيات قديمة ، وهدفنا الأساسى هو إتاحة الفرصة لهؤلاء الزراع والرواد للتعرف إلى تقنية زراعية حديثة .

ونحن إذ نقدم هذا الكتاب للمكتبة العربية نرجو أن نكون قد وفقنا لما قصدنا إليه وأن نكون قد أدينا أمانة قبلنا حملها والاضطلاع بها منذ قبلنا العمل بالسلك الجامعى بأن نكون وسطاء لنقل المعرفة والتقدم فى كل ما يتصل باستخدامات الأراضى والمياه .

والله ولى التوفيق .

المؤلفان

الأسكندرية – فبراير ١٩٩٥



الباب الأول
تعريف الزراعة بدون أرض

عرض لتطور الزراعة بدون أرض

طرق الزراعة بدون أرض

- الزراعة المائية
- الزراعة فى البيئات الحاملة
- الزراعة بنظام الغشاء المغذى



عرض لتطور الزراعة بدون أرض

استخدام الماء الذى أضيف إليه المغذيات فى تنمية النباتات لأغراض أكاديمية منذ القرن السابع عشر على الأقل والشائع أن روبرت بويل Robert Boyle الايرلندى المنشأ أول من استخدمه ، الذى كتب سنه ١٦٦٦ « وقد حاولت تنمية النباتات فى أوعية ملآى بالماء فقط وقد لاحظت أن نباتات الفنكا Vinca pervina و Raphanus aquaticas والنعناع Spearmint قد نمت جيدا فيه غير أن بعضها كان مجرد أجزاء بدون جذور ، وقد ترك كثير منها طوال الخريف ومعظم الشتاء فى الماء ، وعندما أخرجت منه فى أواخر يناير كانت خضراء وذات مجموع جذرى متوسط خصوصا أحد أفرع Raphanus aquaticus الذى ظل فى الماء تسعة أشهر كاملة دون أن يذبل رغم أنه قضى الشتاء كله ، وقد أخرج العديد من الجذور الليفية وبعض البراعم الخضراء وزاد وزنه » .

وقام وودوارد Woodward فى انجلترا بتنمية النعناع Spearmint فى الماء المضاف إليه كميات صغيرة من التربة ، والذى لم يضف له شيء ، وقد ذكر أن إضافة التربة إلى الماء قد زادت نمو النبات .

لم يتقدم استخدام الماء المضاف إليه مغذيات فى تنمية النباتات ذات الجذور بعد ذلك حتى ١٨٥٩ عندما بدأ الباحثان الألمانيان Knop و Sachs دراستهما عن تغذية النبات ، وقد استخدمت هذه الطريقة ـــ الماء المضاف إليه مغذيات ـــ منذ ذاك الوقت مرارا لأغراض أكاديمية وأصبحت معروفة ببيئة « المحلول المغذى » أو « بيئة الماء » .

وكان Gericke بجامعة كاليفورنيا أول من حاول الاستخدام التجارى لبيئة المحلول المغذى ، ففى سنة ١٩٢٩ وصف طريقة صنع خزان ذى عمق ١٥ سم وعرضه ٦١ سم وطول ١٠,٧٦ م من ورق الأسقف المعامل بالبيتومين فوق أرض مستوية ، وقد غطى سطح الخزان بشبكة من السلك

يعلوها طبقة من المشمع ثم طبقة سمكها ١,٢٥ سم من الرمل ، وقد ملىء الخزان بالمحلول المغذى وغرست بادرات النباتات فى طبقة الرمل ، ويذكر جريك Gericke أن ما حصل عليه من نتائج يبرر التفكير فى استخدام هذه الطريقة فى إنتاج الحاصلات وقد سجل طريقته سنة ١٩٣٣ تحت رقم ١,٩١٥,٨٨٤ بعنوان « وحدة تنمية النباتات فى الماء » وفى سنة ١٩٣٥ بدأ عدد من منتجى الخضر والزهور اختبار الاحتمالات التجارية لهذه الطريقة على نطاق كبير نسبيا بإشراف جريك Gericke وكانت مساحة أكبر هذه المحاولات نحو فدانين ، وبعد سنتين نشر Gericke بحثا ناقش فيه الاسم الملائم لهذه الطريقة الجديدة فى الانتاج . وقد استخدم سنة ١٩٢٩ تعبير « Aqua Culture » غير أن هذا الاسم كان يستخدم ليصف تنمية النباتات المائية والحيوانات البحرية ، واستقر تعبير « البيئة المائية » و« بيئة المحلول المغذى Water Culture و Solution Culture » ليصفا تنمية النباتات فى محاليل مغذية لأغراض أكاديمية . ثم اقترح Setchall بجامعة كاليفورنيا التعبير « هيدروبونيكس Hydroponics » (من Hydro وهى الماء و Ponos أى العمل) كمقابل للفظ اليونانى Geoponics الذى يعنى الزراعة فى الأراضى ، وبذا استخدم لفظ هيدرونيكس ليعبر عن تنمية النباتات بجذورها فى المحاليل المغذية ليميزها عن تنمية النباتات فى التربة ، وقد أبرز هذا التمييز فى عنوان بحثه « Hydroponics : Crop production in liquid culture media » وقد استخدمت طريقة جريك Gericke لإنتاج الحاصلات بيئة صلبة لنمو الجذور إذ غطى خزان المحلول بطبقة صلبة (الرمل) كبيئة لنمو الجذور مرتكزة على شبكة من السلك فوق المحلول المغذى وهو ما وصفه Gericke فى كتابه عام ١٩٤٠ ، ولو أن طبقة نمو الجذور كانت ضحلة وكان الغرض الأساسى منها أن تعمل كمرقد للبذور وتوفر تثبيت النباتات ولتحافظ على إظلام المحلول . ولم يغير جريك هذا النظام منذ أن اقترحه سنة ١٩٢٩ وما وصفه بعد ذلك كان هو نفس النظام ما عدا بعض التعديل فى التفاصيل مثل استبدال الرمل كبيئة لنمو الجذور بمزيج من فضلات الخشب ونشارة الخشب والقش والتربة .

ويرى كوبر Cooper أن نظام جريك Gericke ليس هيدروبونيكس حقيقيا (تنمية الحاصلات فى بيئة سائلة تنمو الجذور بها) لأنه يستخدم كلا من البيئة الصلبة والسائلة لنمو الجذور ، ولو أن حجم البيئة الصلبة أصغر من حجم البيئة السائلة وأن البيئتين منفصلتان عن بعضهما .

حاول مك كول McCall الباحث الأمريكى سنة ١٩١٦ أن يستفيد من مزايا البيئات المائية فى دراسة تغذية النبات مع الاحتفاظ ببعض الخصائص الفيزيائية للتربة فزرع النباتات فى الرمل الذى أضاف إليه المحلول المغذى . وفى سنة ١٩٢٨ ذكر Robbins — الذى كان يعرف محاولات McCall — أنه نجح فى تنمية عدد من الحاصلات فى الرمل فى صوبة زجاجية ، ولفت الأنظار إلى أن تنمية النباتات فى الرمل الذى أضيف إليه محلول مغذ لم يجرب بما فيه الكفاية . وأكد أن استخدام « البيئة الرملية » جدير بأن يختبر بغرض الانتاج التجارى للحاصلات فى الصوبات الزجاجية ، أى قبل اقتراح جريك Gericke باستخدام الماء فى انتاج الحاصلات بعام وقد اقترح Robbins البيئة الرملية لنفس الغرض . وفى نفس الوقت تقريبا كان أمريكى آخر من جامعة ولاية أوهايو — A. Laurie — يستخدم البيئة الرملية وأشار سنة ١٩٣١ إلى امكان استخدام هذه البيئة فى الإنتاج التجارى للحاصلات متى عرفت تفاصيل احتياجاتها الغذائية . وفى سنة ١٩٣٥ وصف Bieckart and Commors من محطة التجارب الزراعية فى نيوجرس New Jersey طريقة لزراعة القرنفل Carnation فى الرمل الذى أضيف إليه محلول مغذ على فترات ، وأضيف الماء فيما بين إضافات المغذيات .

وفى سنة ١٩٣٦ اقترح Eaton من وزارة الزراعة الأمريكية بعض التجهيزات لتنمية النبات فى مراقد من الرمل مع إضافة محلول مغذ على فترات محددة إلى سطح الرمل بواسطة مضخة تعمل ذاتياً ، ويعود المحلول الزائد المنصرف بواسطة الجاذبية ، مرة أخرى إلى الخزان ، وفى نفس السنة (١٩٣٦) قام أمريكيان هما Withrow and Biebel بعمل تجهيزات للرى تحت

السطحى لمراقد من الرمل ، فيضخ المحلول المغذى إلى المراقد من خزان أسفلها حتى يغمر الرمل فتوقف المضخة وينصرف المحلول الزائد بالجاذبية مرة أخرى إلى الخزان ، واقترح Shine and Robbins سنة ١٩٣٧ أن تستخدم منقطات تمد المراقد الرملية بالمحلول المغذى بصفة مستمرة فى محطة التجارب الزراعية فى نيوجرسى New Jersey ، وينصرف المحلول الزائد بالجاذبية إلى الخزان ، وفى سنة ١٩٣٨ اقترح Chapman و Liebig فى وزارة الزراعة الأمريكية تعديلا لتجهيزات إيتون Eaton يمكن بمقتضاه مد العديد من الوحدات بالمحلول المغذى فى نفس الوقت .

وإنتشر الاهتمام بالزراعة بدون تربة من أمريكا إلى المملكة المتحدة (بريطانيا) وفى سنة ١٩٣٨ قام Templeman و Watson بإجراء تجارب باستخدام تقنيات الولايات المتحدة فى محطة تجارب ICI فى Jealotts Hill فقاما بزراعة الطماطم بالطريقة التى اقترحها Gericke وكذا فى بيئة من الحصى باستخدام الطرق التى اقترحها Biekart & Connors و Withrow & Biebel و Shine & Robbins غير أنهما لم يحصلا على ما يثبت أن محصول الصوبة بهذه الطرق يماثل المحصول الناتج من الزراعة بالتربة ولو أنهما أوضحا حقيقة هامة هى أن الهيدروبونيكس لازالت فى طور الطفولة ، وفى نفس الوقت تقريبا كان Mullard & Staughton يجريان تجارب على نظام جريك وذكرا أنهما حصلا على انتاج من الطماطم يعادل الانتاج من الزراعة بالتربة وعلى محصول أعلى فى حالة الجلاديولس .

فى سنة ١٩٤٠ كان رأى Hoagland & Arnon أن الجيل السابق لهما قد عاصر إهتماما كبيرا بإنتاج الحاصلات فى الهيدروبونكس ، وأن مناقشة احتمالات الاستخدام التجارى لهذه الطريقة قد حظت بما يشبه الاهتمام العالمى سنة ١٩٣٧ وقد قاما بمقارنة نمو النبات فى التربة والرمل والبيئة المائية وذكرا أن قدرة النبات على النمو والانتاج فى البيئات الثلاث متساوية ، وانتهيا إلى أن الناحية الاقتصادية هى التى تحدد الاستخدام التجارى للهيدروبونيكس .

وفى مراجعة Sir John Russell للخبرات الانجليزية بموضوع الانتاج بطريقة الهيدروبونيكس سنة ١٩٤٥ أوضح أن المحصول الناتج من هذه الطرق لا يزيد عن المحصول الناتج من الزراعة بالتربة وأنه لا فائدة يمكن توقعها من الهيدرونيكس فى زيادة الغذاء خلال فترة الحرب العالمية الثانية فى انجلترا .

وقام Beach سنة ١٩٤٢ بمقارنة انتاج القرنفل فى بيئة من المواد الخاملة Aggregate Culture (الحصى والرمل والفرميوكولايت والفحم النباتى وفحم الكوك) وأوضح أن الحصى والفرميوكولايت كانا أفضلها .

وأدخل Stoughton سنة ١٩٤٢ بعض التعديلات على طريقة البيئة الرملية المستخدمة فى انجلترا فاستخدم مراقد من الأسمنت عمقها ١٥ سم ملأها بالرمل ونثر على سطحه مخلوطا من الكيماويات الجافة ثم رواها .

واستخدم Hicks & Tincher سنة ١٩٤٤ هذه الطريقة فى أحواض أسمنتيه ضحلة طويلة وذكرا أنها قد نجحت فى الإنتاج التجارى للقرنفل والطماطم وحاصلات أخرى فى صوبة زجاجية . واستخدم Sholto Douglas سنة ١٩٤٦ هذه الطريقة فى البنجال (الهند) وقد سماها الطريقة البنجالية .

واهتم الهواة بطريقة الهيدروبونيكس بعد الحرب العالمية الثانية ونشرت مقالات بعناوين « بيئات الرمل المدفأ لحديقة نهاية الأسبوع » و« الحديقة الكيميائية للهواة » فضلا عن العديد من الكتب الشعبية . وحالت الحرب العالمية الثانية دون تقدم الهيدروبونيكس ولو أنها قد حققت بعض التقدم إذ أدت الحرب إلى أن تصبح بعض الجزر القاحلة فى المحيطين الهادى والأطلنطى ذات أهمية استراتيجية وأصبح انتاج الخضر فى الهيدروبونيكس ذا أهمية لإمداد الجنود بها . ويذكر Ticquet أن الرغبة فى الحصول على خضر طازجة أدت إلى استخدام سلاح الطيران الأمريكى للهيدروبونيكس فقام فى سنة ١٩٤٥ ببناء وحدات كبيرة فى جزيرة Ascension ثم بناء وحدات مساحتها ٥٥ فدان باليابان بعد انتهاء الحرب مباشرة ليتجنبوا الأمراض التى نتجت عن تغذية

الجنود بخضر مسمدة بمخلفات آدمية ، فظروف الحرب غير العادية قد ساعدت على تقدم الهيدروبونيكس رغم النتائج غير المشجعة من الناحية الاقتصادية التى سبق الحصول عليها كما استمر التقدم بعد انتهاء الحرب ، وفى سنة ١٩٦٩ قام Stoughton بتقويم الموقف لمنظمة الأغذية والزراعة FAO ، وقد اتضح أن النظام الذى اقترحه جريك Gericke لم ينجح لصعوبة تهوية المحلول بدرجة ملائمة وصعوبة تثبيت النباتات ، وتقدمت عليه طريقة Robbins باستخدام بيئة خاملة — الرمل — تنمو الجذور مع إضافة المغذيات ، وأقترحت مواد متعددة كبيئة صلبة تنمو الجذور منها الرمل والحصى والبيت والبيوميس وقطع الفخار ودخلت جميعها تحت تعبير بيئة المواد الخاملة . وقد انتشر نوعان من بيئة المواد الخاملة ، البيئات المفتوحة والمغلقة .

وفى نظام بيئة المواد الخاملة المفتوح يضاف المحلول المغذى إلى البيئة وتنصرف الزيادة من السائل خارج النظام (بدون تجميع) ، أما فى نظام بيئة المواد الخاملة المغلقة Closed System فترطب الجزيئات بالمحلول المغذى ويستقبل الزائد منه فى خزان ليعاد استخدامه ، وفى النظام المفتوح لا تكون المراقد التى تحتوى الجزيئات مصمتة غير منفذة للماء ويضاف المحلول إما على دفعات إلى سطح الجزيئات وينصرف متخللا لها أو أن يتدفق على فترات أيضا على سطح قاع المراقد ويتم ترطيب الجزيئات بالخاصة الشعرية ، أما فى النظام المغلق فالمحلول يتدفق على سطح قاع المراقد التى تكون عادة غير منفذة للماء ويتم ترطيب المواد الخاملة أيضا بالخاصة الشعرية ، وفى بعض الأحيان يزاد ترطيب المواد الخاملة بغلق مخارج المحلول من المراقد ليرتفع المحلول فى طبقة المواد الصلبة بغرس أنابيب ذات ثقوب أو غلق أنابيب الصرف عند القاع ، ويطلق على هذه الوسائل التى يراد بها ترطيب البيئة الصلبة من أسفل تعبيرات مختلفة مثل نظام الكاسكاد Cascade أو نظام الفلوم Flume System أو نظام السيفون الأوتوماتيكى Automatic Syphon System .

وعزا Stoughton عدم نجاح البيئة المائية تجاريا لصعوبة تهوية المحلول وتثبيت النباتات — بأعداد كبيرة — فى محلول ثابت .

ورغم هذه الأفكار المتضاربة ، فإن قلة المجهودات لتطوير إنتاج الحاصلات فى بيئة مائية حقيقية — أى بدون أى وسط صلب — قد أدت إلى احتمال حدوى بذل مزيد من الجهد فى هذا المجال .

وقد بذل هذا الجهد حديثا — فى السبعينات بواسطة Cooper فى انجلترا بعد ما بذله de Stigter فى مركز بحوث فسيولوجيا النبات بهولندا Plant Physiological Research Centre الذى قام بتنمية النباتات فى غشاء من المحلول المغذى الذى يدار لإعادة استخدامه Recirculating Film ، وقد قام بذلك كوسيلة بحثية ليتمكن من تصوير المجموع الجذرى فى دراسته عن انتقال نواتج التمثيل الضوئى باستخدام الكربون المشع ، فهو لم يطور التقنية التى اقترحها لانتاج الحاصلات تجاريا ، وحتى سنة ١٩٦٩ كان لا يزال يستخدم طريقته كوسيلة بحثية . وفى مناقشة كوبر Cooper معه عن إمكانية استخدام هذه التقنيه ، كتب يقول ، إن الإمكانيات الأساسية هى الملاحظات والتسجيل لنمو الجذور وعمل الصور الاشعاعية لمجموعات جذرية دون تدخل خارجى .

والواقع أن أعظم الإمكانيات كانت التكلفة الرأسمالية القليلة لهذه الطريقة واستخدامها فى الانتاج التجارى للحاصلات على نطاق واسع فى المساحات التى لا يمكن الاستفادة منها بطرق الزراعة المعتادة . وهذا ما توصل إليه Cooper باستخدام تقنيات الغشاء المغذى سنة ١٩٧٣ . وبعد ذلك بثلاثة أعوام نشرت مجلة American Vegetable Grower أن إحدى الشركات فى ولاية فلوريدا قد توصلت إلى طريقة للغشاء المغذى مستقلة عما نشر فى انجلترا وأنها تسعى لتسجيل هذه الطريقة .



طرق الزراعة بدون أرض

(١) الزراعة المائية Hydroponics

الزراعة المائية هى الزراعة التى لا يوجد فيها وسط صلب تنمو الجذور . وقد أوضحنا أن كلمة الهيدروبونيكس Hydroponics كلمه يونانية تعنى الزراعة (أو العمل) بالأرضى وقد اقترح W. A. Setchell هذه الكلمة « هيدروبونيكس » لتعبر عن تنمية النباتات بجذورها فى المحاليل المغذية لميزها عن تنمية النباتات فى التربة .

كما توجد أسماء أخرى مثل الزراعة الكيميائية وزراعة التانكات Tank Farming وبستنة الصوانى Tray Horticulture .

ويمكن ممارسة الهيدروبونيكس فى العراء أو داخل البيوت الزراعية أو داخل المساكن ، وهى فى أبسط مظاهرها تنمية النباتات فى وعاء به ماء وبعض الأملاح .

الأوعية

أهم مواصفات الأوعية المستخدمة فى الهيدروبونيكس هى ألا تنفذ الماء وألا تصدأ وأن تكون غير ملوثة بأية جراثيم ورخيصة التكلفة ويحسن أن تكون سهلة النقل .

ويمكن أن تصنع هذه الأوعية من الخشب أو الأسمنت أو الحديد أو الصلب أو بمعنى آخر من أية مادة إلا أن تكون من المعادن المجلفنة إذ يدخل فى هذه الجلفنة عادة معدن الزنك الذى يسبب تسمما للنباتات ، وحتى مجرد طلاء هذه الأوعية بطلاء يدخل فيه الزنك يسبب تسمما للنباتات خصوصا إذا « تقشر » الطلاء .

(١) الأوعية الخشبية

يمكن صناعة هذه الأوعية من أى نوع من الخشب ماعدا الأنواع التى تحتوى الزيوت الطيارة مثل خشب السدر Cedar أو التى تفرز صبغة مثل الخشب الأحمر Red Wood ، ويمكن معالجة هذه الأنواع من الأخشاب وغيرها بطلائها بمادة تمنع نفاذ الماء خلالها — وبالتالى لا تنفذ الزيوت الطيارة أو الأصباغ — وبذا يمكن استعمالها فى صناعة الأوعية .

والوعاء الخشبى لا يقل سمكه عن ٢,٥ سم ولا يزيد طوله عن ١٨٠ سم فإذا زاد عن ذلك يجب تقويته بعوارض مستعرضة ، وتتم المعالجة لمنع نفاذ الماء بواسطة الأسفلت وليس بالقطران ويتم ذلك بالأسفلت الساخن أو بطلاء أسفلتى أو بأسفلت بترولى ويجب تجنب أى طلاء يحتوى الرصاص أو الباريوم وكذا مواد الطلاء الفنية بالزيوت وقد يطلى السطح الخارجى للأوعية الخشبية المصنوعة من خشب الصنوبر بالبرافين لتجنب التوائها ..

(٢) الأوعية الاسمنتية

لهذه الأوعية صفات ملائمة بصفة عامة ويجب أن تطلى من الداخل بالأسفلت وأن يسبق عملية الطلاء ملء الأوعية الأسمنتية بالماء وتركه فيها عدة أيام ثم يصرف الماء ويكرر ذلك عدة مرات حتى يظل لون ورقة عباد الشمس متعادلا (بنفسجيا) ويمكن الاسراع بعملية الغسيل بإضافة قليل من حامض الكبريتيك المخفف لماء الغسيل . وتساعد عملية الغسيل هذه على منع تشقق طلاء الأسفلت حتى لا يلامس المحلول الأسمنت .

(٣) الأوعية الحديدية

تتميز لهذه الأوعية الحديدية أو العلب عن غيرها بأنها غير منفذة للماء وسهلة النقل ، غير أنها أكثر كلفة ولو أنها أطول عمرا ، ويجب ملاحظة تنظيف جميع مواضع اللحام فى هذه الأوعية ، إذ كثيرا ما يستخدم فى اللحام

مواد ضارة بالنباتات ، وكذا يجب تجنب طلاء الأوعية بطلاء يحتوى الرصاص أو زيت الكتان .

وتطلى هذه الأوعية أيضا كما سبق بطلاء أسفلتى ، ومن الضرورى عزلها حتى لا تفقد الحرارة ويتم ذلك بتغليفها من الخارج بغلاف معدنى أو خشبى ووضع مادة عازلة للحرارة بين الغلاف الخارجى وجسم الوعاء .

ومن الممكن استخدام أوعية ذات الحجم الذى يناسب الغرض المقصود ، وبصفة عامة فأبعاد الوعاء الملائم لكثير من الأغراض هى : العمق ٢٠ سم العرض ٧٥ سم والطول ١٨٠ سم ، ويسع هذا الوعاء نحو ١٢٥ لترا من المحلول المغذى باعتبار أن ارتفاع المحلول فى الوعاء نحو ١٠ سم . ولا يوجد قاعدة معينة لأبعاد الوعاء إلا أن العمق لا يزيد عادة عن ٣٠ سم ، كما أن سهولة النقل تقتضى ألا يزيد الطول عن ١٨٠ سم ، وبصفة عامة يكون التحكم فى محتوى المحلول فى الأوعية الصغيرة أسهل منه فى الأوعية الكبيرة ، كما أن نفقات التدفئة تقل كثيرا فى الأوعية الصغيرة .

ويجب توفير وسيلة سهلة لصرف أو تفريغ المحلول من الوعاء ، ويمكن ذلك بواسطة السيفون غير أنه يحسن تجهيز الوعاء بفتحة صرف وكذا بفتحة للتخلص من المحلول الزائد فى حالة الوحدات الموجودة بالعراء .

الصينية

إطار تثبت فيه شبكة من السلك يرتكز عليها النبات ، وإذا كان الوعاء معدنيا أو أسمنتيا فيجب تجهيزه بما يسمح بارتكاز هذا الاطار وتثبيته فى جدرانه .

وقد يفضل أن تكون الصينية منفصلة غير مثبتة وترتكز على حواف الوعاء وتنفصل عنه لتنظيفها .

وعمق الصينية بصفة عامة نحو ١٠ سم ، ولو أن ذلك يختلف حسب الحاصلات المراد زراعتها ، ففى محصول مثل الطماطس يجب ألا يقل عمق

الصينية عن ٢٠ سم ، وتجهز الصينية بماسك من كل جانب يمكن إمساكها منها .

ولا ينصح بأن يكون طول الصينية مماثلا لطول الوعاء بل الأفضل أن يكون أقل من طول الوعاء بنحو ١٥ سم من أحد الطرفين خصوصا الطرف الذى يوجد به فتحة الصرف وبذا يمكن قياس عمق المحلول بسهولة وكذا يمكن وضع المسخن إذا احتاج الأمر للتدفئة وذلك لأنه لا ينصح برفع النباتات من المحلول بعد أن تزرع .

والشبكة السلكية فى قاع الصينية تكون ذات فتحات ٢,٥ سم وأفضل أنواعها هى الشبكة المصنوعة من الحديد ويمكن استخدام السلك المجلفن بعد طلائه طلاء ثقيلا بالأسفلت ، وكذا تطلى الصينية جميعها .

ويجب أن نتذكر عند صناعة الصينية أنها يجب أن تتحمل ثقلا يمثل أوزان جميع النباتات كاملة النمو والنضج .

الفرشة

تملأ الصينية بمواد عضوية هشة تسمح للهواء بتخللها وتوفر الاظلام اللازم للمحلول حتى لا تنمو به الألجى كما أن الفرشة توفر سنادة للنباتات .

والمواد شائعة الاستعمال كفرشة للصينية هى البيت Peat والموس Moss ونشارة الخشب وما يماثلها من الانتاج المحلى وتساعد هذه المواد على نمو الجذور العرضية التى تزيد قدرة النبات على امتصاص مقادير إضافية من الأوكسجين من الهواء . كما أنها تساعد على خفض البخر وهو عامل هام بالنسبة للوحدات الموجودة بالعراء فى المناطق الحارة .

السنادات

يحسن فى حالة النباتات الطويلة وضع أسلاك تساعد النباتات على الامساك بها .

المحلول المغذى

سوف نعالج هذا الموضوع فى موقع آخر ، غير أنه يهمنا فى هذا المقام أن نشير إلى النقاط العامة :

ــ أحسب مقدار المحلول المطلوب للوعاء قبل تجهيزه وذلك بضرب مساحة القاع فى عمق المحلول المناسب والناتج هو حجم المحلول بالسنتيمتر المكعب وبقسمته على ١٠٠٠ ينتج الحجم باللتر ، ويجب ملاحظة وجود حجم خال من المحلول بين الصينية وسطح المحلول .

ــ يلاحظ عدم تبليل الفرشة بالمحلول فتبخر المحلول يترك الأملاح على الفرشة وتتعرض الجذور لاضرار من زيادة التركيز .

ــ بصفة عامة يجب أن يكون عمق المحلول أقل ما يمكن .

المحلول النموذجى لتغذية النبات

ليس من اليسير تركيب محلول نموذجى فالعوامل التى تحكم عملية الامتصاص واحتياجات النباتات تجعل تركيب مثل هذا المحلول أمرا بعيد التحقيق غير أننا ننصح فى تركيب المحلول المغذى بمراعاة الشروط الأساسية الآتية :

١ ــ يجب أن يحتوى المحلول العناصر الستة الكبرى وعلى الأقل أربعة عناصر صغرى هى بترتيب أهميتها الحديد والبورون والزنك والمنجنيز والحديد وأهمها جميعا .

٢ ــ يجب أن تتوفر هذه العناصر فى صور يستطيع النبات امتصاصها .

٣ ــ يجب أن يكون تركيز هذه العناصر منخفضا حتى ولو كان المقدار المطلوب من كل منها كبيرا .

٤ ــ يجب ملاحظة أن يظل المحلول على الجانب الحامضى . ولو أن تركيبات المحاليل المغذية بصفة عامة تجعلها حامضية التأثير إلا أنها قد تتحول

بعد أن يمتص النبات حاجته من العناصر إلى الجانب القاعدى ولذا يجب متابعة رقم P H المحلول بصفة مستمرة وتعديله بحيث يكون عند رقم P H المطلوب .

التهوية

يجب تهوية المحلول المغذى جيدا ، وأفضل طرق التهوية هو وجود تيار مستمر من المحلول غير أن ذلك يزيد التكلفة .

ومن أفضل طرق التهوية فى الوحدات الصغيرة استخدام مضخة هواء مثل تلك المستخدمة فى تربية أسماك الزينة ، ويمكن للمضخة المتوسطة تهوية وعاء ذى طول ١٨٠ سم . ويمكن توصيل المحلول « بماسورة » ذات ثقوب وتوصيل فتحتها الخارجية بمنفاخ عجل وبذا يمكن ضخ الهواء إلى المحلول لمدة دقيقة واحدة كل يوم (طبقا لحجم المحلول) وفى حالة تهوية مجموعة من عدد من الأوعية يمكن توصيلها مع بعضها بمضخة أكبر تدفع فيها الهواء . أما فى الأوعية الصغيرة (المنزلية) فيمكن تقليب المحلول لمدة دقيقة يوميا أو نفخ الهواء بمنفاخ العجل مباشرة فى المحلول ، وباستمرار نمو النباتات تزداد حاجتها للأوكسجين . وعموما يحسن التهوية لمدة دقيقة يوميا لكل وعاء طوله ١٨٠ سم .

الامداد الذاتى للمحلول المغذى

اقترح هذه الطريقة جريك Gericke وسجلها فى الولايات المتحدة الأمريكية . وفى هذه الطريقة يستخدم جهاز أو أداة « وحدة التسميد » يمكن لأى شخص على دراية بالكيمياء تركيبها كما يلى :

حضر مخلوطا من أملاح العناصر المغذية وقد أقترح جريك التركيب الآتى

نترات البوتاسيوم	٥٠٥٠ جم
فوسفات مغنسيوم	٦٠٠ جم

كبريتات كالسيوم	٧٧٠	جم
كبريتات حديد	١٠٠	جم
كبريتات منجنيز	٢٠	جم
بورات صوديوم	٢٠	جم

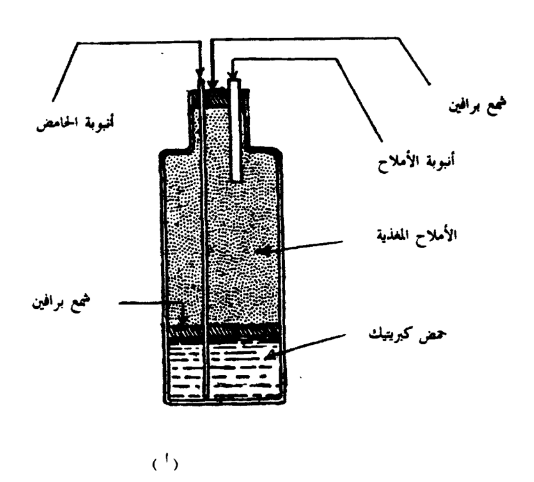
وتطحن الأملاح الثلاثة الأخيرة طحنا جيدا ثم تخلط جميع الأملاح معا وتجهز وحدة التسميد كالآتى :

١ ــ استخدام زجاجة سعة ٥٠٠ سم^{٣} من زجاج قوى ذات رقبة غير ضيقة . وضع فى هذه الزجاجة ٩٠ سم^{٣} من حامض كبريتيك نقى مركز (كثافته ١,٨٢) .

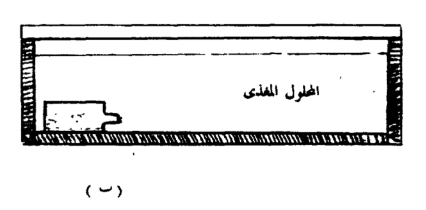
٢ ــ ضع أنبوبة زجاجية ذات سمك ٤ مم من فتحة الزجاجة لترتكز على قاع الزجاجة ويبرز الطرف الآخر من فتحة الزجاجة بنحو $\frac{١}{٢}$ سم .

٣ ــ يضاف الشمع المنصهر فوق الحامض ليصنع طبقة سمكها نحو ١ سم ويترك حتى يبرد .

٤ ــ تملأ الزجاجة بمخلوط أملاح العناصر المغذية حتى نحو $\frac{١}{٢}$ سم من عنق الزجاجة . توضع أنبوبة زجاجية أخرى سمكها نحو ٨ مم لتصل حتى مخلوط الأملاح ويبرز منها من فتحة الزجاجة نحو $\frac{١}{٢}$ سم .



(أ)



(ب)

شكل رقم (١) ـــ الشكل (أ) يوضح تركيب وحدة جريك للتسميد والشكل (ب) يوضح كيفية وضع وحدة جريك فى وعاء الهيدروبونيكس

٥ ـــ تقفل الزجاجة بالشمع .

وعندما توضع هذه الوحدة (شكل رقم ١) فى المحلول المغذى فى وعاء الهيدروبونيكس يبدأ الحامض فى جذب الماء عبر الأنبوبة التى تصل بين طبقة

الحامض والمحلول الخارجى كما يدخل الماء (المحلول) إلى مخلوط الأملاح ، ويزداد الضغط داخل الزجاجة فيبدأ المخلوط مع ما وصله من الماء فى التدفق البطىء خارج الزجاجة وفى نفس الوقت ينتج عن الحرارة الشديدة الناتجة عن اتصال الماء بالحامض المركز انصهار بعض نقاط فى طبقة الشمع ووصول الحامض إلى مخلوط الأملاح وخروجه معه إلى المحلول الخارجى وبذا يتوفر للمحلول درجة الحموضة المطلوبة .

ويؤكد Phillips أن هذه الوحدة ناجحة تماما وتمد المحلول المغذى لمدة ٣ شهور دون الحاجة إلى ضبط رقم P H المحلول أو ضبط تركيز العناصر فيه .

على أى حال من الضرورى إجراء اختبار الحموضة واختبار التركيز بين وقت وآخر .

وتستخدم الوحدة لمدة موسم ثم يجرى تجديد محتوياتها . وقد تزداد الحموضة فى بداية وضع الوحدة فى المحلول نتيجة تدفق حامضى أكثر من الملائم ويعالج ذلك بوضع قطعة من الحجر الجيرى قرب فتحة الزجاجة فى اليوم الأول ثم ترفع بعد ذلك .

الإضاءة

يحتاج النبات للضوء حتى تتم عملية التمثيل الضوئى (الكلوروفيلى) ولا فارق بين ضوء الشمس والضوء الصناعى بالنسبة لهذه العملية ، فإذا كانت وحدات الهيدروبونيكس فى العراء فلا داعى للإضاءة الصناعية فى أغلب الحالات ، أما إذا كانت داخل الصوبة أو بالمنازل فيجب عمل التجهيزات الضرورية للاضاءة الصناعية .

التدفئة

للتدفئة أهمية خاصة بالنسبة للهيدروبونيكس إذا كانت فى مناطق باردة ، أما فى المناطق الدافئة فقد لا تكون ضرورية إلا حيث يكون الليل باردا عما هو ملائم للنبات المزروع . وفى كثير من المناطق الدافئة يكون الشتاء باردا عما قد

يستلزم التدفئة عند استزراع نباتات محبة للحرارة . وقد أوضحت بعض الدراسات أن درجة حرارة ٢٠ ــ ٢٥°م كافية لنباتات الطماطم بصفة عامة لإعطاء محصول جيد ، ولم يزد المحصول زيادة ذات أهمية برفع درجة الحرارة .

وتتوقف طريقة التدفئة على مصدر الطاقة المحلى وحجم الوحدة المراد تدفئتها ، ففى حالة وعاء واحد ووحدة صغيرة يمكن استخدام مسخن يغمر فى المحلول مع منظم للحرارة Thermostat ، وبالنسبة لاحتواء المحلول على أملاح مذابة فقد يتآكل قطب المسخن أو يتفاعل مع أملاح المحلول فيتغير تركيبه ، ولذا يجب استخدام مسخن زجاجى ، وفى حالة الأوعية الصغيرة يمكن استخدام المسخن الذى يغمر فى أوعية تربية أسماك الزينة .

وفى حالة الرغبة فى تدفئة عدد من الأوعية يمكن استخدام « مسخن التربة » وهو سلك Cable يمرر خلال قاع المحلول ولو أننا لا نستطيع أن نجزم ما إذا كان الغطاء الخارجى للسلك سوف يؤثر على المحلول .

وتستخدم الغلايات أيضا فى عملية التدفئة فى حالة الوحدات الكبيرة وفى هذه الحالة تصف الأوعية فى صفوف متوازيه وتجهز غلاية مركزية ذات منظم للحرارة يسخن بها الماء لدرجة الحرارة المطلوبة ويتدفق منها إلى ماسورة توزيع معزولة ومنها إلى أنابيب ذات صمام تغذى كل منها أحد الأوعية إلى مستوى ينخفض عن مستوى الصوانى بكل منها ، وفى الطرف الآخر من كل وعاء توجد فتحة صرف الماء الزائد على ارتفاع معين يتصل بماسورة مجمعة توصل بواسطة الجاذبية الأرضية إلى حوض مكشوف ومنه إلى الغلاية مرة ثانية بواسطة مضخة ، ولضمان وجود قدر معين من الماء فى الحوض بصفة مستمرة يجهز بعوامة ، فإذا انخفض مستوى الماء انخفضت العوامة وفتحت حنفية الماء لتصب الماء فى الحوض حتى يصل إلى المستوى المطلوب فتقفل العوامة الحنفية .

ومن الواضح أنه من الضرورى تنظيف هذه المجموعة بين مواسم الزراعة إذ قد تتكون طبقات من الملح داخل المواسير ناتجة عن ترسيب الأملاح .

(٢) الزراعة فى بيئات المواد الخاملة

Aggregate Culture

يقصد بالبيئات الخاملة المواد الصلبة التى قد تستخدم لتنمية النباتات بها ومن أكثر هذه المواد شيوعا الرمل والحصى وقطع الفخار وحبيبات الجرانيت وغيرها ويضيف إليها البعض الفحم والفرميوكولايت Vermiculite .

وتختلف الزراعة فى البيئات الصلبة عن الزراعة فى بيئة الماء Hydroponics فى أنه بينما تكون جذور النبات فى بيئة الماء معلقة فى المحلول المغذى فإن هذه الجذور فى البيئة الصلبة تتشبث بجزيئات المواد الصلبة أما مصدر التغذية فى كل من البيئتين فهو المحلول المغذى مع ضمان التهوية فى كل من البيئتين .

مميزات البيئات الصلبة

— تشابه البيئة الصلبة والأرض يجعل قبولها لدى الزراع العاديين أسهل من قبولهم للزراعة فى المحاليل .

— لا تحتاج إلى ملاحظة دقيقة مستمرة كما هى الحال فى الزراعة المائية خصوصا فى عملية التهوية .

— يمكن زراعة النباتات من البذور مباشرة ، ولو أن ذلك ممكن فى حالة بيئة الماء إلا أنه قليل النجاح فيها .

— توفر بيئة المواد الصلبة بيئة مشابهة للبيئة الطبيعية التى ينمو بها النبات وتعمل كسنادة قوية للجذور .

وبالإضافة إلى ذلك فيمكن الجزم أن بيئة المواد الصلبة فى حالة الوحدات الصغيرة أو المنزلية تتميز بأنها أقل متاعب وسهلة النقل وأكثر ملاءمة للحجرات المعيشة بالمنازل .

وأبسط وحدات البيئات الخاملة للاستخدام المنزلى تتكون من وعاء به المادة الخاملة وأسفله حوض يستقبل المحلول المنصرف ويصب المحلول المغذى أو يرش على سطح الرمل (المادة الخاملة) مرتين أو ثلاث مرات يوميا بكميات تكفى لتشبع الرمل ويتجمع المحلول المنصرف فى الحوض السفلى ويمكن استخدامه مرات أخرى لمدة ١٤ يوما .

ويمكن استخدام قصارى الأزهار إلا أنها يجب أن تكون من النوع الأملس (Glazed) وذات شكل يلائم وضعها داخل المنزل .

وأهم معوقات البيئة الصلبة هى أنها أكثر تكلفة من بيئة الماء فى حالة الوحدات الكبيرة للاستخدام التجارى .

وحدة التدفق المستمر

تتكون الوحدة من خزان فى وضع مقلوب تتساقط منه قطرات الماء ببطء على وعاء به رملى ويتصرف فى وعاء آخر أسفله حيث تجمع وتخزن وهذه الوحدة البسيطة توفر المحلول المغذى فى شكل شبه أوتوماتيكى وتتيسر تهوية المحلول . ويحدد حجم خزان المحلول المغذى المدة التى يمد فيها النباتات بهذا المحلول .

ويرتكز خزان المحلول المقلوب على طبق يوضع فيه طرف أنبوبة شعرية تعمل كسيفون حيث يكون طرفها الآخر فوق الرمل بالوعاء . ويتحكم فى معدل التنقيط عن طريق ضبط ارتفاع طرف السيفون بالنسبة لمستوى المحلول فى الطبق تحت الخزان المقلوب .

ويقترح لتبسيط العملية ، استبدال سيفون الأنبوبة الشعرية بقطعة « شاش » من المستخدم فى تضميد الجروح أو قطعة من قماش الجبن ذات عرض ٢,٥ ــ ٥ سم تبرم لتأخذ شكل « دوبارة » وهذه يوضع طرفها فى الطبق والطرف الآخر عند سطح الرمل وتقوم بعمل السيفون ويمكن التحكم فى معدل التنقيط إلى حد ما باختيار عرض الشاشة المستخدمة وبالمسافة

العمودية بين مستوى المحلول فى الطبق ومستوى سطح الرمل فى الوعاء . وإذا لونت « الدوبارة » الناشئة عن قطعة القماش بالحبر غير القابل للازالة بالماء فإن ذلك يجعلها أكثر قدرة وأطول عمرا . ويقتضى تغيير الشاشة غير الملونة مرة كل أسبوع حسبما تكون درجة نمو الألجى عليها .

التنظيم الرأسى

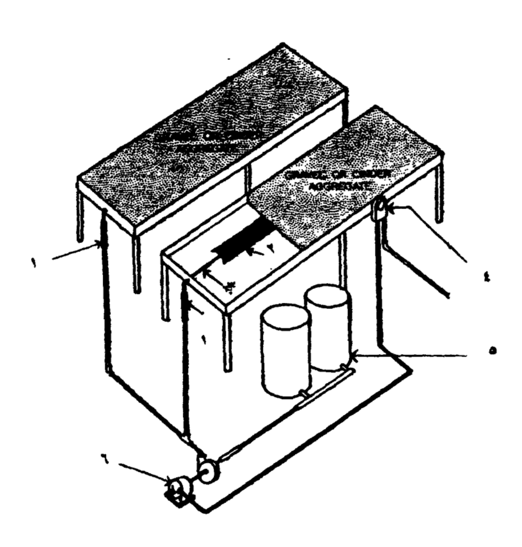
حيث يسمح المكان بوضع الأوعية واحدا فوق الآخر . ويوضع خزان كبير علوى ويتساقط المحلول إلى الوعاء الأعلى ثم إلى فتحة الصرف حيث يستقبل فى الوعاء التالى وهكذا حتى الوعاء الأسفل الذى يصرف فى خزان خاص .

الرى من أسفل النظام

طريقة الرى من أسفل النظام تعتمد أساسيا على إمداد المحلول عن طريق ماسورة ذات ثقوب فى أسفل أوعية غير منفذة للماء ومملوءة بجزيئات من أى مادة خاملة . وتتصل الماسورة بمضخة طرد مركزى تعمل على فترات منقطعة ينظمها ساعة وهذه الفترات تكون كافية لغمر البيئة الخاملة بعدها تقطع دائرة موتور المضخة ويتدفق المحلول بالجاذبية الأرضية مرة ثانية إلى الخزان الذى يعمل كمصرف مجمع وكخزان للمحلول .

ويوضح شكل رقم ٢ مجموعة الرى حيث توجد الموائد التى يمكن صنعها من الخشب أو الأسمنت أو الحديد المطلى بالأسفلت وتفضل موائد الأسفلت حيث يمكن تجهيزها بحيث تكون فتحة الصرف فى الوسط بينما لا يكون ذلك سهلا فى الموائد الخشبية أو الحديدية . وإذا استخدمت الموائد الخشبية فيجب طلاؤها برشها بالأسفلت الساخن مرتين .

وعمق موائد النمو لا يزيد عن ١٥ سم بينما حجم المائدة لا يهم كثيرا ويعتمد أساسيا على المكان المتاح وحجم الوحدة .



شكل رقم (٢) ــ شكل تخطيطى يوضح نظام الرى تحت السطحى
١ ــ وصلة مطاطية ، ٢ ــ غطاء أنبوبة الرى ،
٣ ــ أنبوبة مثقبة ، ٤ ــ ساعة توقيت ،
٥ ــ خزان المحلول المغذى ، ٦ ــ موتور كهربائى ومضخة .

امداد المحلول

الطريقة الأولى : تمتد فيها الماسورة التى تمد الوحدة بالمحلول فى قاع المائدة بين طرفى المائدة وأحد الطرفين يغلق بغطاء يمكن نزعه لتنظيف الماسورة . والماسورة ذات فتحات ٥ مم كل نحو ٣٠ سم على الجانب المقابل لقاع المائدة ويغطى الماسورة شريط عرضه ١٠ ــ ١٥ سم يعمل على منع إنسداد الفتحات ويمكن منع التصاق الشريط بقاع المائدة بطبقة رقيقة من الرمل أو

الحصى وكذا يمنع تدخل الشريط فى تدفق المحلول . ويفضل استخدام الماسورة من الحديد (الأسود) أو النحاس والماسورة الحديدية معرضة للصدأ وقد تحتاج إلى إمرار محلول مقاوم للصدأ فيها بين وقت وآخر . ويفضل الماسورة النحاسية لأنها تعمل على خفض نمو الألجى وماسورة ٦ مم تكفى لإمداد مائدة طولها ١,٥ م وعرضها ١,٢ م مع استخدام مادة خاملة خشنة أما فى حالة موائد أطول فيحسن استخدام ماسورة أكبر ذات فتحات متقاربة فى الطرف البعيد عن مصدر الإمداد .

الطريقة الثانية : وهى الطريقة المفضلة وتتكون من مجرى مزدوج عرضه ١٠ سم بدلا من الماسورة يوضع فى قاع المائدة يتدفق فيه المحلول فلا يكون معرضا للانسداد ويدخل المحلول إلى المائدة عن طريق ماسورة صغيرة . وإذا استخدم مجرى مجلفن فيجب طلاؤه بعدة طبقات من الأسفلت .

المضخة

تستخدم مضخة طرد مركزى تعمل بواسطة موتور لتدفع المحلول فى المراقد وعندما تفتح دائرة الموتور يعود المحلول من خلال المضخة إلى خزان التجميع وتستخدم عادة مضخة ١| حصان فى مساحة ٢٥٠٠ قدم مربع (٢٥ م^{٢}) مملوءة بعمق نحو ١٥ سم من الحصى متوسط الحجم وفى خلال نصف ساعة يتم غمر المائدة إذا كان الخزان أسفل المائدة بنحو ١,٢ م .

وتروى المائدة مرتين كل ٢٤ ساعة وقد تزيد إلى ثلاث مرات ومن الضرورى انقضاء عدة ساعات بين كل ريتين متواليتين لتحصل الجذور على التهوية الكافية ويجب التوفيق بين حجم المائدة وتشغيل المضخة ونوع المادة الخاملة بحيث يتم الصرف فى ضعف المدة اللازمة للغمر .

المواد الخاملة

يعتبر الرمل من أفضل المواد التى يمكن استخدامها فى الوحدات المفردة أو

الوحدات الصغيرة . ولا يحتفظ الرمل زائد الخشونة بالرطوبة ، كما أن الرمل زائد النعومة لا يتيح للجذور نسبة كافية من الهواء .

ويجب ألا يكون الرمل المستخدم زائد القلوية حتى لا يؤثر على المحلول المغذى . وعموما يجب أن يحتوى الرمل على نسبة منخفضة من كربونات الكالسيوم وأن تكون غالبية حبيباته ذات قطر حوالى ١ م وحتى نضمن عدم ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم ينصح بغسيل الرمل بماء حامضى لمدة ٣ ــ ٤ أيام . وينصح أن يعقم الرمل ويتم ذلك بتقليبه فى ماء يغلى مدة ١٥ ــ ٢٠ دقيقة أو بتسخينه فى فرن على درجة حرارة ١٠٠°م لمدة ساعة كما يمكن استخدام معقمات التربة .

وفى الوحدات الكبيرة تستخدم مواد خاملة أخرى مثل الحصى وكسر الأحجار وحبيبات الجرانيت والفحم أو غيرها واستخدام هذه المواد يقتضى التعرف إلى محتواها من كربونات الكالسيوم فهى بالإضافة إلى ذوبانها فى الأحماض الخفيفة تعمل على زيادة قلوية البيئة ولذا يجب « غسلها » بحامض مخفف عدة أيام حتى تخلو من كربونات الكالسيوم .

وحيث لا تتوفر المواد الخاملة المناسبة يمكن استخدام الفحم النباتى (بقايا النباتات المتفحمة غير كاملة الاحتراق بحيث لم تتحول إلى رماد) ويجب غسل هذه المادة ٣ ــ ٤ أيام حتى تتخلص من محتواها من الأملاح الذائبة ثم تنقع فى حامض مخفف لمدة يومين ثم تغسل بالماء جيدا . والحامض المفضل هو حامض الكبريتيك ولو أن أى حامض مخفف يمكن استخدامه .

العامل الهام عند اختيار المادة الخاملة لاستخدامها مع الرى تحت السطحى هو حجم حبيبات المادة ، إذ يجب أن يكون بدرجة من الخشونة تسمح بصرف المحلول صرفا كاملا فيحل الهواء محل الماء بعد كل إضافة من المحلول ولضمان ذلك يجب التخلص من الحبيبات الصغيرة التى تمر خلال منخل ١٦ ــ ٢٠ مش أى الحبيبات ذات أقطار ١,٢ ــ ١,٦ م .

تعقيم المواد الحاملة

ينصح بضرورة تنظيف وتعقيم المواد الحاملة خصوصا الرمل بين كل محصول والآخر ويتم ذلك بغمر البيئة فى الأوعية بالفورمالدهايد ٠,٥ — ١,٠٪ عدة أيام ثم طرده من البيئة باضافة الماء عدة مرات . وإعادة التعقيم هام أيضا خصوصا للرمل .

وللمحافظة على نظافة البيئة وبالتالى على صحتها بصفة مستمرة يجب إزالة بقايا الجذور والنباتات المريضة فجزر واحد منفصل من النبات يبدأ فى الانحلال سريعا ويلوث البيئة .

العناية

كثيرا ماتتجمع أملاح المحلول المغذى حول جذور النبات أو فى قاع الأوعية والموائد ولذلك فمن الضرورى غمر المراقد مرة كل أسبوعين بالماء العذب ويجب أن يتم ذلك من السطح وليس عن طريق الرى تحت السطحى .

وفى حالة البيئات الرملية فى الوحدات الصغيرة أو المنزلية المفردة يجب رشها أسبوعياً للتأكد من طرد ما يتجمع من أملاح المحلول .

ويجب غمر الأوعية بين المحصول والآخر عدة مرات بالماء ويؤدى الغمر للتخلص من الفورمالدهايد الزائد إلى التخلص من الأملاح المتجمعة فى نفس الوقت .

للتهوية أثر هام فى نمو النبات ومن الضرورى اتباع ما سبق ذكره من مراعاة صرف المحلول صرفا كاملا قبل إضافة محلول جديد ، أما فى وحدات التدفق المستمر فالتهوية تؤخذ فى الاعتبار ذاتيا .

المحلول المغذى

هو نفس المحلول المستخدم فى الهيدروبونيكس أو فى تقنيات الغشاء المغذى وسيأتى ذكر ذلك .



(٣) تقنية الغشاء المغذى

Nutrient Film Techique

وتنمى فيها النباتات فى المحلول المغذى بدون تربة أو مخاليط أو مواد صلبة ، والمكونات الأساسية لنظام استخدام الغشاء المغذى هى :

ـــ خزان المحلول المغذى .
ـــ مضخة ترفع المحلول من الخزان إلى الأحواض .
ـــ قنوات متوازية منحدرة تنمو بها النباتات وينساب المحلول المغذى فيها على جذور النباتات .
ـــ يتجمع المحلول بعد انسيابه على النباتات فى القنوات فى أنبوبة (ماسورة) تجميع توصل إلى خزان المحلول المغذى ثانية .
ـــ نظام مراقبة وتحكم فى تركيز المحلول والمحتوى الملحى فى الماء ورقم الـ P H ومستوى الماء فى الخزان .

وتصنع القنوات من غشاء بلاستيكى رقيق ، يفرد الغشاء وترفع الجوانب فتكون مجرى ذو مقطع عرضى مثلث قاعدته ٢٥٠ ـــ ٣٠٠ مم . وتوجد قنوات سابقة التصنيع (جاهزة) .

ويصب المحلول المغذى بواسطة أنبوبة عند رأس الحوض فينساب فى المجارى (القنوات) إلى خزان التجميع بفعل الجاذبية نتيجة انحدار هذه المجارى وتترك طبقة رقيقة من الرطوبة حول الجذور . ويجب أن يتدرج السطح بعناية لتفادى مناطق يزداد فيها عمق المحلول وتستخدم أرضية الصوبة المفروشة بالخراسانة أو مناضد من الصلب ، ويعتبر معدل تدفق ٢ لتر/دقيقة فى كل قناة مناسبا .

ويوضع خزان التجميع تحت سطح الأرض ، ويجب أن يغطى ليمنع وصول الضوء ونمو الطحالب وتقليل التلوث . ويمكن التحكم فى مستوى المحلول بالخزان بواسطة صمام بعوامة توصل بالمأخذ الرئيسى للمياه أو استخدام نظام كهربائى .

ويجب رصد تركيز الأملاح بالمحلول وكذا رقم P H المحلول بصفة منتظمة ومن رأى Cooper أن الأساس التقنى لهذه الطريقة هو :ــ

ــ تنمو النباتات عارية الجذور فلا يوجد أى بيئة صلبة حول الجذور .

ــ تنمو النباتات بحيث يكون المجموع الجذرى منقسما إلى قسمين أحدهما فى المحلول والآخر فى الهواء (خارج المحلول) .

مميزات تقنية الغشاء المغذى

١ ــ لا حاجة للتعقيم بين الزراعات المتتالية ، وفى ذلك توفير فى الجهد والطاقة والوقت .

٢ ــ تقليل احتمالات تلوث البيئة ومصادر المياه .

٣ ــ التوفير فى الماء ، نظرا لأن المحلول المغذى يمر فى نظام مغلق ، فلا يتعرض للتبخر .

٤ ــ يحضر المحلول المغذى ويختبر ويعدل فى مكان واحد ، ويمكن أن يجرى ذلك آليا ، كما يمكن تدفئته بسهولة إلى الدرجة المناسبة .

٥ ــ يمكن مكافحة الآفات بسهولة بإضافة المبيدات ــ التى تمتص عن طريق الجذور ــ إلى المحلول المغذى .

٦ ــ من أنسب أنواع المزارع للمناطق التى تكون أراضيها رملية أو جيرية ، أو تقل فيها المياه الصالحة للزراعة .

مقارنة البيئة الصلبة لنمو الجذور بتقنيات الغشاء المغذى

من المعتاد أن تزرع الحاصلات فى بيئة صلبة هى التربة ، وقد تعود الجميع على أن ذلك أفضل الوسائل ، وحتى الذين يستخدمون طريقة الغشاء المغذى فى إنتاج الحاصلات فهناك ما يجذبهم باستمرار نحو التحول إلى البيئة الصلبة . فيتساءلون أليس من الأفضل وضع بعض المواد الكثيفة الماصة فى القناة وهى لا تمنع تدفق المحلول المغذى . ويتساءل آخرون عن إمكان ملء القناة بالمادة

العضوية ـــ بيت Peat ـــ وفى نفس الوقت تغذية النبات بالمحلول أو لماذا لا نضع طبقة من الحصى أو الرمل فى قاع القناة فالكثيرون تعودوا على وجود بيئة صلبة لنمو الجذور ويشعرون بضرورة العودة اليها . ويمكن مقارنة مزايا البيئة الصلبة بتقنيات الغشاء المغذى كما يلى :

ـــ يعتقد الكثيرون أن البيئة الصلبة ضرورية تمد النبات بالعناصر المغذية وهذا الاعتقاد خاطىء .

ـــ توفر البيئة الصلبة لنمو الجذور ما يثبت النبات ، وهذا صحيح غير أن ذلك لا يعنى أنه لا يوجد ما يثبت النبات فى غياب البيئة الصلبة . فتقنيات الغشاء المغذى تضمن ثبات النبات ـــ كما سنصف ذلك ـــ كما لو كان بالأرض .

ـــ أن البيئة الصلبة توفر احتياطى الماء للنبات الذى ينمو بها ، وهذا صحيح إلى حد ما ، إذ أنه ما لم يضف الماء فإن هذا الاحتياطى يستنفد بمضى الوقت . بينما فى طريقة الغشاء المغذى لا يعانى النبات قط من نقص الماء كما يمكن الاحتفاظ بكمية كبيرة من الماء دون أن تعانى جذور النبات من نقص الهواء .

ـــ توفر البيئة الصلبة احتياطيا من الهواء وذلك أيضا صحيح إلى حد ما إذ أن إضافة الماء تدفع الهواء خارج البيئة الصلبة للجذور بينما فى حالة الغشاء المغذى يعتمد النبات على وفرة من الهواء فى الجزء العلوى من الجذور فى وجود زيادة من الماء فى الجزء السفلى منها .

ـــ تضمن البيئة الصلبة تنظيم المحلول من الناحية الغذائية Nutritional Buffer ، وهذا غير صحيح فقدره النبات على مقاومة نقص المغذيات أكثر كثيرا فى حالة تدوير المحلول المغذى فى غياب بيئة نمو الجذور الصلبة .

ـــ توفر البيئة الصلبة للنبات وسطا خاليا من الأمراض والآفات ، وهذا واضح الخطأ .

والواقع إن مزايا البيئة الصلبة لم تعد أمرا مقنعا ولا نستطيع إلا أن نقول إنه لا يوجد أية مزايا للبيئة الصلبة لنمو الجذور إلا كونها اقتصادية . فسطح الأرض موجود فإذا نثرنا عليه البذور فإن المطر كفيل بإنبات البذور ونمو البادرات وإضافة السماد تحسن الإنتاج وحتى بدون السماد فيمكن الحصول على قدر من الإنتاج . فاستخدام الأرض هو أرخص وأبسط نظم الزراعة ومعروف أن إنخفاض تكلفة رأس المال والبساطة يعتبران مزايا اقتصادية هامة . وعلى أى حال فإن أساس استخدام تنمية الجذور فى المحلول فى طريقة الغشاء المغذى تعمل على تجنب التعقيدات وخفض التكلفة الرأسمالية . وتقويم رخص وبساطة كل من الزراعة العادية وطريقة الغشاء المغذى يجب أن يأخذ فى الاعتبار العائد من كل من الطريقتين على أن هذا التقويم يجب ألا يتأثر بالاعتقاد بمزايا معينة للبيئات الصلبة .

وفى الصفحات القادمة من كتابنا الحالى سنصف بإسهاب الأسس التى تقوم عليها تقنيات الغشاء المغذى .

الباب الثانى

كيف يتغذى النبات

التركيب الكيميائى للنبات
العناصر الضرورية لتغذية النبات
امتصاص النبات للعناصر المغذية
المحاليل المغذية فى تقنيات الغشاء المغذى



التركيب الكيميائى للنبات

تتكون النباتات من المادة الجافة والماء . ويتراوح نسبة محتوى الماء فى أنسجة أعضاء النبات الخضرية والنامية بين ٧٠ و ٩٥٪ ، وفى أنسجة البذور بين ٥ و ١٥٪ .

ووظائف الماء فى النباتات مبنية على طبيعة خواصه الكيميائية والفيزيائية ، فهو يتميز بقدرة عالية على تخزين الحرارة فيقى النباتات من الحرارة العالية بفضل قابليته للتبخر . كما أنه مذيب جيد لكثير من المركبات ، ويتم فيه انحلال المركبات إلى أيونات فتقوم النباتات بامتصاص العناصر الضرورية لتغذيتها فى صورة أيونية . وللماء أهمية خاصة فى تحولات الطاقة فى النباتات فى عملية التمثيل الضوئى . وكمية الماء فى خلايا أنسجة النبات هى أساس العمليات الفسيولوجية والكيميائية والحيوية المختلفة ، إذ يشترك الماء مباشرة فى عدد كبير من التفاعلات الكيميائية الحيوية من تركيب أو انحلال المركبات العضوية فى الأحياء النباتية . وكمية الماء فى النباتات تعتمد على نوع وعمر النبات وظروف توفر الماء وكذا على المنتج وعلى التغذية المعدنية نسبيا .

وتوجد المادة الجافة على هيئة مركبات عضوية هى البروتينات والمركبات النتروجينية الأخرى والمواد الكربوهيدراتية (سكريات ، نشا ، سليلوز والمواد البكتينية) والزيوت . وتختلف نسب هذه المواد حسب نوع النبات (جداول رقم ١ ، ٢ ، ٣) . كما تحتوى المادة الجافة على أملاح معدنية بنسبة ٥ إلى ١٠٪ من وزنها .

وتتكون المادة النباتية الجافة بصفة عامة من العناصر الآتية كنسب مئوية بالوزن :

الكربون (٤٥) ، الأوكسجين (٤٢) ، الهيدروجين (٦,٥) ، النتروجين والعناصر الأخرى (٦,٥) . وتزداد معرفتنا بعدد العناصر التى

تساهم فى تركيب النبات بتقدم طرق التحليل الكيميائى . فالكربوهيدرات والدهون والمركبات العضوية غير النتروجينية تتكون من ثلاثة عناصر هى الكربون والأوكسجين والهيدروجين ، أما البروتينات والمركبات العضوية النتروجينية الأخرى فيدخل عنصر النتروجين فى تركيبها بالاضافة إلى العناصر الثلاثة المذكورة . والعناصر الأربعة السابقة تسمى بالعناصر العضوية الأساسية حيث تكون نحو ٩٥٪ من المادة الجافة للنبات . وعند حرق المادة النباتية فإن العناصر العضوية الأساسية تتطاير على شكل مركبات غازية وبخار الماء ، أما الرماد المتبقى فيحتوى على العديد من العناصر فى صورة أوكسيدات تكون نحو ٥٪ من كتلة المادة الجافة . ويطلق على النتروجين وعناصر الرماد من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت والتى يكون محتواها فى النبات عاليا نسبيا « العناصر الغذائية الكبرى » .

وتحتاج النباتات بالإضافة إلى العناصر الغذائية الكبرى إلى كميات صغيرة من الحديد ، البورون ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، المولبدنم الكلورين ، (الكوبلت والفاناديوم) . ومحتوى هذه العناصر فى النبات ضئيل ويتراوح بين ٠٫٠٠٠٠١٪ إلى ٠٫٠٠١٪ ولهذا تسمى بالعناصر الصغرى أو الدقيقة .

ويدخل فى تركيب النبات بكميات عالية نسبيا الصوديوم والسليكون كما يوجد برماد النبات بنسب شديدة الانخفاض عدد كبير من العناصر التى تسمى بالعناصر الأثرية تتراوح من ١٠$^{-٦}$ إلى ١٠$^{-٨}$٪ . والوظائف الفسيولوجية لهذه العناصر لم تتحدد بشكل نهائى .

جدول رقم (١)

متوسط محتوى بعض محاصيل الخضر والفاكهة من المواد الأساسية (نسبة مئوية على أساس وزن رطب) .

المحصول	السكريات	الأحماض العضوية	المواد النتروجينية	السليلوز	الرماد	حمض الأسكوربيك مجم/١٠٠جم
الكرنب	٤,٠	,٣	١,٣	,٨	,٧	٣٠
القنبيط	٣,٠	,١	٢,٥	١,٢	,٨	١٠٠
الطماطم	٣,٠	,٥	,٦	,٢	,٥	٣٠
الفلفل الحلو	٤,٠	,٢	١,٥	١,٠	,٧	٢٠٠
الباذنجان	٣,٠	,٢	,٩	١,٠	,٥	٥
الخيار	١,٥	,٠٠٥	,٨	,٥	,٤	٥
البصل	١٠,٠	,٢	١,٦	,٦	,٥	٧
الثوم	,٥	,٢	٧,٠	١,٠	١,٠	١٥
التفاح	٩,٠	,٧	,٤	,٨	,٤	٢٥
العنب	١٨,٠	,٧	,٧	,٢	,٦	٦
البرتقال	٧,٠	١,٤	,٩	٢,٥	,٧	٦٥
الليمون	٢,٥	٥,٨	,٩	٢,٥	,٦	٥٥
الكمثرى	١٠,ـــ	,٢	,٤	,٨	,٤	١٥

عن ياجودين Yagodin ١٩٨٢

جدول رقم (٢)

متوسط التركيب الكيميائى لبذور المحاصيل الزيتية (نسبة مئوية على أساس وزن جاف).

المحتوى الكيميائى	عباد الشمس		الكتان	القنب
	النوى	البذرة كلها		
الزيوت	٥٦	٣٤	٣٧	٣٤
البروتين	٢٦	١٦	٢٦	٢٢
السليلوز	٦	٢٥	٨	١٩
كربوهيدرات أخرى	٦	٢٠	٢٢	٢٠
رماد	٣,٨	٣,٨	٤	٤

عن ياجودين Yagodin ١٩٨٢

جدول رقم (٣)

متوسط التركيب الكيميائى لغلات محاصيل الحبوب (نسبة مئوية على أساس وزن جاف).

المحصول	البروتين	النشا	الزيوت	السليلوز	السكريات	الرماد
القمح	١٥	٦٠	١,٩	٢,٨	٤,٣	٢,٢
الجودار	١٢	٦٥	١,٧	٢,٢	٥,٠	٢,٠
الشوفان	١١	٤٥	٥,٥	١٤,٠	٢,٠	٣,٨
الشعير	٩	٥٥	٢,٠	٦,٠	٤,٠	٣,٥
الذرة	٩	٧٠	٤,٦	٢,١	٣,٠	١,٣
الأرز	٧	٦٣	٢,٣	١٢,٠	٣,٦	٦,٠
ذرة عويجة	١٢	٥٨	٤,٦	١١,٠	٣,٨	٤,٠
البسلة	٢٥	٤٣	١,٢	٦,٠	٨,٠	٣,٣
فول الرومى	٢٥	٤٢	١,٣	٦,٠	٦,٠	٣,٤
فول الصويا	٣٥	٣	٢٠,٠	٥,٠	١٠,٠	٥,٨
الحمص	٢٥	٤٣	٢,٣	٦,٠	٤,٨	٣,٢
الفاصوليا	٢٠	٥٥	١,٨	٣,٨	٥,٢	٣,٣
العدس	٣٠	٤٧	١,٠	٣,٦	٣,٥	٣,٣
الترمس	٣٢	٣	٥,٠	١٦,٠	٢,٠	٣,٨

عن ياجودين Yagodin ١٩٨٢

العناصر الضرورية لتغذية النبات

يوجد عدد من العناصر تعتبر ضرورية لتغذية النبات بمعنى أن النبات لا يتم دورة حياته بدونها وهى الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت ، والحديد والزنك والمنجنيز والنحاس والبورون والموليدنم والكلورين . ويحصل النبات على الكربون من ثانى أكسيد الكربون الجوى على الهيدروجين من الماء ، أما الأوكسجين فيحصل عليه من الهواء الجوى أو من الماء أيضا . ويطلق على هذه العناصر الثلاثة اسم « العناصر العضوية الأساسية » . ويطلق على النيتروجين وعناصر الرماد مثل الفوسفور ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم والكبريت والتى يحتوى النبات منها مقادير عالية نسبيا « العناصر الكبرى » . أما عناصر الحديد ، البورون ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، الموليدنم والكلورين والتى يحتوى النبات منها مقادير قليلة فتسمى « بالعناصر الصغرى » .

ويمتص النبات النيتروجين أكثر من أى من العناصر الأخرى حيث يشكل ١ ــ ٢٪ من البروتوبلازم الحى . أما الفوسفور ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم والكبريت فتمتص بكميات أقل بكثير من النيتروجين . ويمتص النبات باقى العناصر بكميات قليلة جدا . وبالاضافة إلى العناصر الضرورية ، فإن النبات يمتص أكثر من أربعين عنصرا آخر قد يكون لها تأثير مفيد ، رغم أنها لا تعتبر من العناصر الضرورية .

ولكل عنصر من العناصر الضرورية الكبرى أو الصغرى فى النباتات وظيفة خاصة ، فلا يحل أى عنصر محل آخر . أى أن هذه العناصر متساوية من حيث الأهمية الفسيولوجية . فالنقص فى أى عنصر من العناصر الكبرى أو الصغرى يؤدى إلى اختلال العمليات الفسيولوجية فى النبات ، وضعف نموه ، مما يؤدى إلى نقص فى غلته وجودته . وفى حالة النقص الحاد فى العناصر المغذية تظهر أعراض النقص الخاصة بالعنصر الناقص على النبات . ونوجز فيما يلى الدور الذى يؤديه كل عنصر من العناصر الضرورية للنبات .

الأوكسجين

توضح عملية التنفس وما يرتبط بها من أكسدة واختزال الدور الحيوى للأوكسجين فى النبات ، كما أنه يتحد مع الكثير من العناصر الأخرى لتتكون المواد العضوية والأكاسيد ، ويكون الأوكسجين حوالى ٥٠ فى المائة من المادة الجافة التى ينتجها النبات . وكما سبق أن ذكرنا .. يحصل النبات على حاجته من الأوكسجين من الهواء الجوى والماء . وقد أوضحت الدراسات التى استخدم فيها الماء المحتوى على الأوكسجين النظير ١٨ ـــ أن كل الأوكسجين المنتج أثناء عملية البناء الضوئى يأتى من الماء .

الكربون

يعتبر ثانى أكسيد الكربون الجوى المصدر الوحيد للنباتات لكى تبنى أجسامها بعملية البناء الضوئى . وتبلغ نسبة ك أ٢ CO_2 بالجو حوالى ٠٣,٠٪ ولذلك يجب أن يستعمل النبات كميات ضخمة من الهواء حتى يحصل على حاجته من ثانى أكسيد الكربون ، ويعتقد أن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالنبات عما هى فى الجو تزيد نمو النبات . ولذا ترفع نسبة ك أ٢ صناعيا فى جو الصوبات إلى أن يصبح عامل آخر هو المحدد للنمو ، مثل شدة الإضاءة ، أو درجة الحرارة . وقد أوضحت العديد من الدراسات أن نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون تنخفض كثيرا حول النباتات فى البيوت الزراعية ، وقد يستمر هذا الانخفاض لفترات طويلة . ويصاحب ذلك النقص انخفاض فى معدل البناء الضوئى يصل إلى ٥٠٪ عند انخفاض تركيز الغاز إلى ١٦٠ جزء فى المليون . وعلى العكس من ذلك فإن معدل البناء الضوئى يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز من ٣٣٥ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون . وقد تصل الزيادة فى البناء الضوئى إلى ١٠٠٪ إذا كانت الزيادة فى تركيز الغاز مصحوبة بإضاءة قوية وحرارة مرتفعة بالقدر المناسب للنمو النباتى (Slack & Hand ١٩٨٤) .

الهيدروجين

يحصل النبات على حاجته من الهيدروجين من الماء ، ودور الماء فى حياة النبات معروف ويدخل الهيدروجين فى تركيب كثير من مركبات النبات مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات . وتشترك العناصر الثلاثة — الأوكسجين والكربون والهيدروجين — فى عملية البناء الضوئى .

النيتروجين

يدخل النيتروجين فى تركيب البروتينات ، الأنزيمات ، الأحماض النووية ، الكلوروفيل ، الفيتامينات وبعض الهرمونات كما يدخل النيتروجين أيضا فى تركيب مرافقات الإنزيمات الضرورية للعديد من الإنزيمات . وزيادة النيتروجين تشجع النمو الخضرى ، وهى صفة مرغوبة فى الخضر الورقية . وتختلف أعراض نقص النيتروجين فى نباتات الفلقة الواحدة ، عنه فى نباتات الفلقتين ، حيث يتميز نقص النيتروجين فى ذوات الفلقة الواحدة باصفرار وسط نصل الورقة ، مع بقاء الحواف خضراء . أما فى النباتات ذات الفلقتين فتكون الورقة متجانسة بلون أخضر مصفر ، وتظهر الأعراض فى كليهما على الأوراق السفلى أولا ، فتصبح الأوراق خضراء باهتة ، سرعان ما يتحول لونها إلى الأصفر ، ويكون نمو النبات بطيئا ، كما يكون حجم الأعضاء النباتية الأخرى أقل من الحجم الطبيعى ، ويصبح النبات متخشبا . وفى حالات نقص النيتروجين الحاد وطويل الأمد تبدأ الأوراق السفلى فى التيبس وتتلف قبل أوانها وتسقط . وقد يصاحب نقص النيتروجين فى بعض النباتات تلون أعناق وعروق الأوراق باللون البنفسجى كما فى الطماطم . أما فى حالة إمداد النبات بالنيتروجين بشكل معتدل فتكون الأوراق ذات لون أخضر غامق ، ويكون التفرع فى النباتات جيدا ، ويكون المجموع الخضرى قويا وبعدها تتكون أعضاء الانتاج ذات القيمة العالية .

وتمتص النباتات النيتروجين فى صورتين أساسيتين هما النترات والأمونيوم (قد تمتص الجذور بعض الصور الأخرى) ، وتتحول هاتان الصورتان إلى

أحماض أمينية مختلفة بعد اختزال النترات إلى أمونيوم ثم بروتينات . ويحتاج النبات إلى كميات كبيرة نسبيا من النيتروجين ولذا فنقصه كثير الشيوع كما أنه من العناصر التى تضاف إلى الأراضى والمحاليل الغذائية فى صورة أسمدة بكميات كبيرة .

الفوسفور

يدخل الفوسفور فى تركيب الأحماض النووية وبعض الدهون (الفوسفوليبيدات) ، بالإضافة إلى مساهمته فى تركيب الإنزيمات اللازمة لتفاعلات الطاقة المختلفة فى عمليات التنفس والتمثيل الضوئى ، وكذلك يدخل فى تركيب المركبات الفوسفورية ذات الروابط الغنية بالطاقة (الـ ATP والـ ADP) وفى مرافقات الإنزيمات (NAD و NADP) التى لها دور هام فى تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ويعتمد عليها فى التفاعلات الحيوية الهامة فى التمثيل الضوئى والتنفس وفى غيرهما من العمليات الحيوية . ويعتقد أن الفوسفوليبيدات Phospholipids تشكل مع البروتين جزءا هاما من الأغشية الخلوية ، ولذا فنقص الفوسفور يعتبر شديد الضرر بالخلية إذ يمنع تكون النواة والسيتوبلازم والأغشية الحديثة حول سطح الخلية ، كما يختل تبادل الطاقة فى الأعضاء النباتية .

والنقص الشديد للفوسفور يؤثر فى جميع النباتات على تكوين أعضاء الإثمار ويؤخر النضج ويؤدى إلى نقص المحصول وانخفاض جودته . فالنبات فى حالة نقص الفوسفور يبطىء نموه وتكتسب الأوراق اللون الرمادى المخضر ، الأرجوانى أو البنفسجى (الذى يبدأ من الحواف ثم ينتشر فى كل السطح) . وعلامات نقص الفوسفور عادة تظهر فى المراحل الأولى من نمو النبات ، فالمجموع الجذرى للنبات فى هذه الحالة ضعيف .

ويمتص النبات الفوسفور على صورة أورثوفوسفات أحادية أى يد$_{٢}$ فو أ$_{٤}$ وكذا بكميات أقل من الأورثوفوسفات الثنائية يد فو أ$_{٤}^{=}$ ويعتقد أن النباتات يمكنها أيضا امتصاص البيروفوسفات والميتافوسفات .

البوتاسيوم

يتواجد البوتاسيوم كملح غير عضوى فى النبات ، إلا أنه يتواجد أيضا كملح بوتاس للأحماض العضوية . ويشترك البوتاسيوم فى تفاعلات تركيب ونقل الكربوهيدرات فى النبات . ويبدو أن للبوتاسيوم علاقة بتمثيل الأحماض النووية فى النبات ، كما أن له أهمية كبيرة فى عملية انقسام الخلايا ، وتنظيم نفاذية الأغشية فى النبات . وقد وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى إلى تراكم مركبات النيتروجين الذائبة ، بينما يقل محتوى النباتات من النيتروجين ، ويعنى ذلك أن البوتاسيوم مرتبط بتمثيل البروتين . كما وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى أيضا إلى بطىء عملية التمثيل الضوئى ، وزيادة التنفس .

ونقص البوتاسيوم بصفة عامة يؤدى إلى ظهور اسمرار داكن على حواف الأوراق أى « احتراق الحواف » إذ تأخذ حافة وعنق الورقة شكلا « محترقا » وتظهر بسطح الورقة بقع « الصدأ » الصغيرة ، كما يلاحظ أن الخلايا لا تنمو بشكل متساو مما يؤدى إلى ظهور ثنايا والتفافات ذات قمم على الورقة . ويظهر على أوراق البطاطس لون برونزى خاص . وتصبح حواف أوراق الخيار المسنة صفراء ، ولكن يبقى العرق الوسطى والعروق الفرعية الأخرى خضراء اللون . وفى الطماطم تكون الأوراق خشنه الملمس ومجعدة وتلتف حوافها لأسفل ، وتصفر ، وفى النهاية تتحول إلى اللون البنى . وعموما — يكون نمو النبات الذى ينقصه البوتاسيوم بطيئا ، ولا تكون الثمرة الواحدة متجانسة فى نضجها ، كما فى حالة النضج المتبقع فى الطماطم .

ورغم أن كثيرا من الباحثين قد أوضح ضرورة البوتاسيوم لنمو النبات فقد أوضحت بعض الدراسات إمكان استبداله بالصوديوم فى زراعات مائية بنسبة تصل إلى ٨٠٪ فى حالة بنجر السكر بينما لا يمكن استبداله اطلاقا بالنسبة إلى البطاطس . ولا زال موضوع مدى احتياج النبات للصوديوم وعلاقة البوتاسيوم والصوديوم بالنسبة لنمو النبات فى حاجة إلى مزيد من البحث .

الكالسيوم

يلعب الكالسيوم دورا مهما فى التمثيل الضوئى وفى تحرك الكربوهيدرات ، وفى عمليات تمثيل النيتروجين فى النبات . وهو يشارك فى تشكيل الجدر الخلوية ، وينعكس نقص الكالسيوم بالدرجة الأولى على المجموع الجذرى للنبات — حيث يبطىء نمو الجذور ولا تتكون الشعيرات الجذرية ، ثم تصبح الجذور مخاطية وتتعفن كما أن النقص فى هذا العنصر يؤدى إلى توقف نمو الأوراق وظهور بقع صفراء عليها ومن ثم تصفر الأوراق وتتلف قبل أوانها . وعلامات نقص الكالسيوم تظهر أولا بأول على الأوراق النامية الصغيرة نظرا لأن الكالسيوم عنصر مقيد فلا ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية إذا كان المقدار المتاح منه غير كاف للنبات .

المغنسيوم

يدخل فى تركيب الكلوروفيل ، ويشترك فى حركة الفوسفور فى النباتات ويؤثر على نشاط عمليات الأكسدة والاختزال . كما أن بكتات المغنسيوم (أملاح حامضى البكتيك) تشترك مع بكتات الكالسيوم فى لصق الياف السليلوز عند بناء جدر الخلايا ، لذلك فهو ضرورى لعملية انقسام الخلايا .

والمغنسيوم عامل منشط للعديد من الأنزيمات الهامة فى تحولات التمثيل الغذائى للمواد الكربوهيدراتية . كما ينشط الانزيمات التى تشترك فى تمثيل الأحماض النووية .

وفى حالة نقص المغنسيوم يقل محتوى الأجزاء الخضراء من النبات من الكلوروفيل ويبدأ الأصفرار بين عروق الورقة (العروق تظل خضراء) . ويؤدى النقص الحاد فى هذا العنصر إلى الشكل الرخامى للأوراق والتوائها واصفرارها .

الحديد

يدخل فى تركيب إنزيمات الأكسدة والاختزال للنباتات ويشارك فى تخليق الكلوروفيل وفى عمليات التنفس ، كما يدخل فى تركيب جزىء صبغه الهيم Heme ، وهى الصبغة الضرورية فى المراحل الأخيرة من التنفس . وعند نقصه يختل تكوين الكلوروفيل فى النباتات وبالأخص العنب والأشجار ويزداد الأصفرار ، وتفقد الأوراق لونها الأخضر وبعد ذلك تبيض وتسقط قبل أوانها .

النحاس

يدخل النحاس فى تركيب العديد من إنزيمات الأكسدة والاختزال ويساهم فى عملية التمثيل الضوئى كما يعتبر ضروريا لتكوين الكلوروفيل فى النبات .

ويصاحب نقص النحاس ظهور لون أصفر شاحب وباهت بالأوراق ، يعقبه فقدان اللون الأخضر كلية فى قمة الأوراق . وتكون الأوراق فى حالة مرتخية ، ويبطأ النمو .

الكبريت

يدخل الكبريت فى تركيب البروتينات (يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية : سيستين ، سيستاين وميثيونين) ومركبات عضوية أخرى كالانزيمات ، الفيتامينات ، وزيوت الخردل والثوم . كما يشترك الكبريت فى عمليات التنفس وتخليق الدهون . وأكثر النباتات احتواءا على الكبريت هى تلك التابعة للعائلة البقولية والصليبية وكذلك البطاطا . وفى حالة نقص الكبريت فى النبات تتكون أوراق صغيرة ذات لون أصفر لماع على السيقان ، كما يؤدى إلى سوء نمو وتطور النبات . ونادرا ما تظهر أعراض نقص الكبريت لتوفره فى الأسمدة المختلفة ويمتص على صورة أيون الكبريتات فقط .

الزنك

يسبب نقص الزنك تأثيرا متعدد الجوانب على تبادل الطاقة والمواد فى النباتات، وذلك نتيجة لمشاركته فى تركيب انزيمات متعددة وفى تخليق مواد النمو (الأوكسينات) ، إذ يقل نمو النباتات بصورة حادة ويختل التمثيل الضوئى وعمليات الفسفرة ، وتخليق الكربوهيدرات والبروتينات . وتظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الحديثة أولا ، حيث يؤدى نقصه إلى ظهور لون مصفر بين العروق فى الورقة ، وتظل العروق خضراء ، وتكون الأوراق صغيرة ، وضيقة ، ومبرقشة ، ومشوهة ، وغير منتظمة الشكل ، وملتوية ، ومتزاحمة على أفرع قصيرة . فتأخذ شكلا متوردا . وعند الاصابة الحادة فإن الأغصان تتلف ويؤدى ذلك إلى ظهور تيبس القمم . وعموما تختلف أعراض نقص الزنك من محصول لآخر .

المنجنيز

يدخل فى تركيب أنزيمات الأكسدة والاختزال . فهو يعمل كمنشط أنزيمى فى عمليات التنفس وتمثيل البروتين . كما يعد المنجنيز عنصرا منشطا لتكوين الكلوروفيل . وهو يلعب دورا هاما فى امتصاص النبات للنيتروجين على شكل نترات أو أمونيا . ويعتبر البنجر والنباتات الدرنية الأخرى ومحاصيل الحبوب وكذلك التفاح والكريز والعليق والطماطم والسبانخ من النباتات الأكثر حساسية لنقصه والتى تتطلب وجوده . والأعراض الأكثر ارتباطا بنقص المنجنيز هى الاصفرار الشديد للأوراق ، حيث تظهر على سطح الورقة وبين العروق بقع صغيرة صفراء ومن ثم فإن الأقسام المصابة تتلف .

البورون

من المعتقد أن البورون يلعب دورا فى تكوين الجدر الخلوية ، وفى انتقال السكريات فى النبات . كما أنه ضرورى لانقسام الخلايا ، وتكوين اللحاء ، وانتقال بعض الهورمونات ، وانبات حبوب اللقاح . والبورون عنصر غير متحرك داخل النبات لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولا .

وتبدأ أعراض نقص البورون فى الظهور بانهيار خلايا الأنسجة المرستيمية التى تحدث فيها انقسامات نشطة ، وهى القمم النامية ومناطق الكامبيوم . وتتأثر الحزم الوعائية بالجذور والسيقان ، ويتعطل انتقال الماء فيها ، فيحدث الذبول الذى يكون غالبا بداية لظهور أعراض نقص العنصر . وفى حالات النقص الشديدة تموت القمم النامية ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، وتظهر بقع بنية أو سوداء فلينية فى أعضاء التخزين من جذور ودرنات .

المولبدنم

يدخل فى تركيب أحد الأنزيمات التى تختزل النترات فى النبات إلى أمونيا ، كما يشارك فى عمليات تثبيت النيتروجين الجوى التى تقوم بها البقوليات فى التكافل مع بكتريا العقد الجذرية وأحياء التربة المثبتة للنيتروجين التى تتواجد بشكل حر . والأعراض الخارجية لنقص المولبدنم تتشابه مع أعراض نقص النيتروجين وهى توقف واضح لنمو النبات ، وعلى أثر ذلك يختل تركيب الكلوروفيل وتتحول النباتات إلى أخضر باهت . كما أن نقص المولبدنم يقوم بالحد من تطور العقد على جذور البقوليات ، وتشوه الأوراق وتلفها قبل أوانها وانخفاض كبير فى الغلة الانتاجية وفى محتوى البروتين فى النباتات . وأكثر الخضراوات احتياجا للمولبدنم هى : الخس والقنبيط والطماطم والخيار والبصل والسبانخ .

الكلورين

ثبت بالتجربة أن عنصر الكلورين ضرورى فى عملية التخليق الضوئى ، لأنه يساهم فى عملية أكسدة الماء . كما ثبت أيضا أن عنصر الكلورين ضرورى للطماطم فى المزارع المائية ، ولكن لم يلاحظ نقص الكلورين على النباتات لتوفره كشوائب فى التربة والماء والأسمدة .

عناصر أخرى :

ثبتت أهمية عدد من العناصر الأخرى لنمو النباتات طبيعيا ، ولكن لا يوجد دليل على ضرورتها لكل النباتات ، هذه العناصر هى :

الصوديوم

ضرورى للألجى الزرقاء المخضرة ولنبات الاتربلكس ووظيفته فى النبات شديدة الأرتباط بالكلورين .

الكوبالت

لم تثبت ضرورة هذا العنصر للنبات بعد ولكن ثبتت ضرورته لبعض الطحالب الزرقاء المخضرة فقط ولو أن بعض الباحثين يعتقدون أن للعنصر دورا حيويا فى النبات يستلزم وجود كمية ضئيلة منه فى بيئة النمو .

السليكون

ثبتت ضرورة السليكون للأرز وللعديد من الطحالب ، كما وجد أنه يحسن نمو الشعير وعباد الشمس .

الجاليوم

لم تثبت ضرورة الجاليوم **Gallium** إلا لنبات حشيشة البط **Duck weed** ولفطر **Aspergillus niger** .

الألومنيوم

يحسن الألومنيوم من نمو العديد من النباتات .

الفاناديوم

لم تثبت ضرورة الفاناديوم **Vanadium** إلا بالنسبة لبعض الطحالب الخضراء .

السلينيوم

يعتبر السلينيوم Selenium ضروريا لعدد قليل من النباتات .

ونود أن نوجه النظر إلى أن التحليل الكيميائى لأنسجة النباتات قد يوضح وجود عدد من العناصر التى لا تعتبر ضرورية لنمو النبات واستكمال دورة حياته ، ويجب ألا يفهم من وجود هذه العناصر بأنسجة النبات أنها ضرورية له ، غير أن النبات يمتصها ضمن ما يمتص من العناصر المختلفة .

وتجدر الإشارة إلى أن النبات يمتص العناصر المختلفة نتيجة لآليات أو ظروف تعتمد على الخواص الفيزيائية الكيميائية والفسيولوجية وقد يؤدى ذلك إلى امتصاص عناصر ضارة أو سامة بالنبات أو زيادة امتصاص بعض العناصر الضرورية بدرجة تؤدى إلى حدوث أضرار بالنبات مثل امتصاص الصوديوم بواسطة النباتات النامية فى الأراضى المتأثرة بالأملاح أو امتصاص البورون عندما يزيد تركيزه فى ماء الرى أو بيئة النمو .



امتصاص النبات للعناصر المغذية

نمو النبات محصلة لعوامل شديدة التعقيد ولذلك قابل الباحثون صعوبات مختلفة عند دراستهم لتغذية النبات ، وبعد أن عرفوا أن النبات يمتص العناصر فى صورة أيونية عمدوا إلى دراسة تنمية النباتات فى محاليل العناصر الغذائية تبسيطا للعوامل التى تؤثر على امتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات فى الأراضى . وعند استعمال المحاليل المغذية لتنمية النباتات اتضح أنه يجب توافر الشروط الآتية فيها :

١ ــ أن تحضر هذه المحاليل بحيث تحتوى تركيزات من العناصر تتناسب مع معدلات امتصاص النبات لها حتى لا ينفذ أحدها من المحلول قبل العناصر الأخرى .

٢ ــ أن تكون متوازنة أى يمتص النبات منها مقادير من الكاتيونات مساوية تقريبا لما يمتصه من الأنيونات حتى نتفادى تحول المحلول إلى الحموضة الزائدة إذا امتص النبات مقدارا من الكاتيونات أكبر من الأنيونات وهو ما يعبر عنه « بالحموضة الفسيولوجية » ، أو تحوله إلى القلوية بزيادة امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات وهو ما يعبر عنه « بالقلوية الفسيولوجية » .

٣ ــ أن يتوافق تركيب المحلول المغذى مع نوع النبات الذى ينمو فيه .

وينمو الكثير من أنواع النباتات فى محاليل أطلق عليها « محاليل قياسية » أى تصلح لعديد من النباتات .

وعند تنمية النباتات فى المحاليل يقتضى أن يكون تركيز الأملاح بالمحلول بين ١٪ و ٢٪ (وقد يرتفع إلى ٥٪ لظروف خاصة) وهذا التركيز يعادل ضغطا أسموزيا قدره ٥, ــ ١,٥ جو .

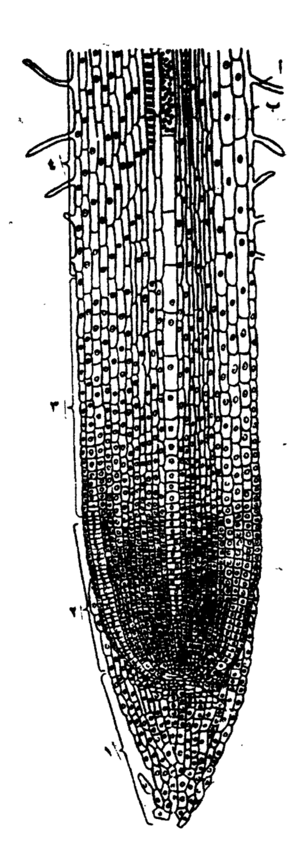
ويتم امتصاص كل من النيتروجين وعناصر الرماد من المحاليل الغذائية أو التربة بواسطة السطح الفعال للمجموع الجذرى الخاص بالنبات على شكل

أيونات (سالبة أو موجبة) . فالنيتروجين يمكن أن يمتص على هيئة أيونات النترات السالبة NO^-_3 وأيونات الأمونيوم الموجبة NH^+_4 . أما بالنسبة للفوسفور والكبريت فيمتصان فى صورة أيونات سالبة من حامضى الفوسفوريك والكبريتيك ($SO^=_4$، $H_2PO^-_4$) ، وتمتص عناصر كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم على هيئة أيونات موجبة Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، K^+ أما العناصر الصغرى فتمتص إما على شكل أيونات سالبة (anions) أو أيونات موجبة Cations .

الجهاز الجذرى للنبات وقدرته على الامتصاص

يختلف تركيب المجموع الجذرى وانتشاره ونمط توزيعه وقدرته على الامتصاص بإختلاف النبات . ويتم امتصاص العناصر المغذية بواسطة الشعيرات الجذرية الحديثة النامية وهى الجزء النشط أو الفعال من الجهاز الجذرى . ومع تقدم نمو كل شعيرة جذرية يزداد سمك جدارها السطحى ويغطى بالنسيج الفلينى فتفقد قدرتها على امتصاص العناصر الغذائية .

ويكون الجهاز الجذرى المتشعب للنبات سطح امتصاص كبير وتتغير مساحة هذا السطح خلال نمو النبات حتى يصبح أكبر مساحة ما تكون فى مرحلة التزهير . وحتى نستطيع إدراك عملية امتصاص النباتات للمواد الغذائية يجب التعرف على البناء الأولى للجذر (شكل رقم ٣) . ينمو الجذر من طرفه السفلى ، المغطى بالقلنسوة التى تحافظ عليه ، وتقع منطقة الخلايا الخشبية المتجددة بالقرب من المنطقة الخالية من الشعيرات الجذرية ، وتوجد أعلى منطقة الخلايا الخشبية منطقة الاستطالة التى يبدأ فيها تمايز الأنسجة الناقلة ، كما يوجد فى هذه المنطقة أيضا نظام الأوعية الناقلة فى النبات (اللحاء) ، والذى تتم بواسطته حركة المواد العضوية من الأعضاء العلوية للنبات إلى الجذر . وفى هذه المنطقة أيضا يكتمل تكوين القسم الصاعد من النظام الناقل (الخشب) والذى تتم خلاله حركة الماء (وكذلك جزء من الأيونات الممتصة والمواد



شكل رقم (٣) ــ البناء الأولى للجذر
١ ــ القلنسوه ، ٢ ــ منطقة الخلايا
المتجددة ، ٣ ــ منطقة خلايا الاستطالة ،
٤ ــ منطقة الشعيرات الجذرية ،
أ ــ الشعيرات ، ب ــ الغلاف المحيط

العضوية المخلقة فى الجذور) من المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى والجزء العلوى من النبات بصفة عامة .

أما الشعيرات الجذرية فهى عبارة عن نموات دقيقة للخلايا الخارجية ذات قطر ٥ ـــ ٧٢ مليميكرون وطول من ٨٠ ـــ ١٥٠٠ مليميكرون ، علما بأن عدد الشعيرات الجذرية يصل إلى عدة مئات لكل مليميتر مربع من سطح الجذر فى هذه المنطقة ، وتؤدى الشعيرات الجذرية إلى تضاعف مساحة سطح المجموع الجذرى عشرات المرات وبالتالى تزداد قدرته على امتصاص المواد الغذائية .

وعلى امتداد المسافة الواقعة بين نهاية الجذر ونهاية منطقة الشعيرات الجذرية لا توجد قشرة بالغلاف السليلوزى للخلايا وبذا يكون سهل النفاذية ، ويساهم هذا الجزء من الجذر والخالى من القشرة فى امتصاص الماء والمواد الغذائية من المحاليل المغذية أو من التربة . علما بأن أعلى كفاءة امتصاصية للأيونات تتم فى منطقة تكوين الشعيرات الجذرية ، والأيونات الداخلة تتحرك من هذا المكان إلى باقى أجزاء النبات .

تأثير ظروف الوسط على امتصاص العناصر المغذية

تمتلك جذور النبات قدرة امتصاصية عالية جدا ، فهى تستطيع أن تمتص المواد الغذائية من المحاليل المخففة جدا ، كما أن أغلبية النباتات تنمو بشكل اعتيادى عندما يحتوى اللتر الواحد من المحلول على ٢٠ ـــ ٣٠ مجم من النيتروجين و P_2O_5 ، ١٠ ـــ ١٥ مجم من K_2O وحتى بدرجات أكثر انخفاضا من هذه التركيزات فى حالة استمرار تجديد هذه المحاليل . كما أن لنسبة الملح فى المحلول دورا مهما بالنسبة للنمو الطبيعى للجذور أو ما سبق أن عرفناه بالتوازن الفسيولوجى ، فالمحلول المتوازن فسيولوجيا هو ذلك الذى يحتوى على عدد من العناصر المغذية بنسب تلائم أفضل استعمال لها بالنبات ، أما المحلول المكون من ملح واحد فيعتبر غير متوازن فسيولوجيا . فالتركيز العالى لهذا الملح فى المحلول يؤثر تأثيرا سلبيا على النبات وبالأخص إذا كانت الزيادة فى الأيون

الموجب الحامل لشحنة واحدة (أحادى التكافىء) ، فالجذور تنمو بشكل أفضل فى المحلول متعدد الأملاح ، حيث يتم هنا ما يسمى بالتضاد الأيونى Ionic antagonism وهو أن يمنع الأيون دخول الزيادة من أيون آخر إلى خلايا الجذر ، فعلى سبيل المثال عندما يتواجد الكالسيوم Ca^{+2} بتركيز عال يؤدى إلى خفض أو إيقاف دخول زيادة من أيونات البوتاسيوم K^{+} ، المغنسيوم Mg^{+2} والصوديوم Na^{+} . وتتم علاقات التضاد من هذا النوع بالنسبة للكاتيونات K^{+} ، Na^{+} و K^{+} ، NH^{+}_{4} و K^{+} ، Mg^{+2} وبالنسبة للأنيونات NO^{-}_{3} ، $H_2PO^{-}_{4}$ و Cl^{-} ، $H_2PO^{-}_{4}$ وغيرها .

ومن جانب آخر فإن أشد علاقات التضاد تظهر بين الأيونات الأحادية التكافىء خاصة إذا كان تركيز أحدها أكبر بكثير من تركيز الأيون الآخر أو الأيونات الأخرى . وأفضل طريقة لتجديد التوازن الفسيولوجى هى اضافة أملاح الكالسيوم إلى المحلول ، إذ عند تواجد هذا الأيون فى المحلول تنشأ ظروف طبيعية تلائم نمو النظام الجذرى ، ولهذا ففى المخاليط المغذية الصناعية يجب أن يسود الكالسيوم على كل الأيونات الأخرى .

ويتدهور نمو الجذور بشدة ويقل دخول المواد المغذية اليها عندما يكون تركيز أيونات الهيدروجين عاليا ، وبمعنى آخر عند إزدياد الحموضة فى المحلول . ويؤثر التركيز العالى من هذا الأيون سلبيا على الخواص الفيزيائية الكيميائية لسيتوبلازم خلايا الجذور . فالخلايا الخارجية للجذر تصبح لزجة وتختل نفاذيتها ويتدهور نمو الجذر ويقل امتصاصه من المواد المغذية . والتأثير السالب للتفاعل الحامضى يظهر بشدة فى حالة قلة أو عدم وجود الأيونات الموجبة الأخرى وبالأخص الكالسيوم فى المحلول . فأيون الكالسيوم يوقف دخول أيونات الهيدروجين ، لهذا يلاحظ أنه عند زيادة كمية الكالسيوم تصبح النباتات أكثر قدرة على تحمل الحموضة عنها فى حالة عدم وجوده .

من ذلك نستنتج أن تأثير المحلول (رقم PH) يؤثر على دخول بعض الأيونات إلى النباتات وعلى تبادل المواد ، فعند التأثير الحامضى (رقم PH منخفض) يزداد دخول الأيونات السالبة ويقل دخول الأيونات الموجبة ، حيث تختل عملية تغذية النبات بالنسبة لكل من الكالسيوم والمغنسيوم ويتوقف تخليق البروتين ويتعرقل تكوين السكريات فى النبات .

أما فى حالة التأثير القاعدى فيزداد دخول الأيونات الموجبة وبالمقابل يصعب دخول السالبة .

المحاليل المغذية
فى تقنيات الغشاء المغذى

يجب أن يحتوى المحلول المغذى جميع العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات . وقد يتواجد بعض العناصر بكميات كافية كشوائب فى الماء غير أنه يجب إضافة العناصر الأخرى للمحلول . كما يجب أيضا المحافظة على التركيز المناسب من كل منها .

تركيز المحاليل المغذية

أولا يجب أن نعرف ما هو التركيز . فعندما تذاب مادة مثل فوسفات البوتاسيوم فى الماء يقال إن الماء « مذيب » وفوسفات البوتاسيوم « مذاب » ويتكون المحلول من مذاب ينتشر فى المذيب بحيث لا يرى ويعبر عن كمية المذاب بالنسبة لكمية المذيب بتركيز المحلول . وتوجد عدة طرق للتعبير عن التركيز . وأحد هذه الطرق شائعة الإستعمال هى أجزاء المذاب لكل مليون جزء من المذيب ويختصر عادة بالجزء فى المليون (حـ/م PPM) . وعند حساب تركيز الجزء فى المليون عندما يكون الماء هو المذيب فيجب استخدام الجرام إذ أن كل ١ ملليلتر من الماء يزن واحد جرام تقريبا .

فنفرض أنه يراد تجهيز محلول مغذ يحتوى على ٦٠ جزء فى المليون من الفوسفور وأن المادة التى سوف تمدنا بالفوسفور هى فوسفات البوتاسيوم ثنائى الهيدروجين KH_2PO_4 . وكل جزىء من فوسفات البوتاسيوم يحتوى ذرة بوتاسيوم (K) واحدة وذرتين من الهيدروجين (H) وذرة من الفوسفور (P) وأربع ذرات من الأكسجين (O) . والوزن الذرى للبوتاسيوم = ٣٩ وللهيدروجين = ١ وللفوسفور = ٣١ وللأكسجين = ١٦ (جدول رقم ٤) . وعلى ذلك يكون الوزن الجزىء لفوسفات البوتاسيوم (KH_2PO_4) .

جدول رقم (٤) : الوزن الذرى التقريبى لبعض العناصر

العنصر	الرمز	الوزن الذرى
بورون	B	١١
كالسيوم	Ca	٤٠
كربون	C	١٢
كلورين	Cl	٣٥
كوبالت	Co	٥٩
نحاس	Cu	٦٤
هيدروجين	H	١
حديد	Fe	٥٦
مغنسيوم	Mg	٢٤
منجنيز	Mn	٥٥
موليدنم	Mo	٩٦
نيتروجين	N	١٤
أكسجين	O	١٦
فوسفور	P	٣١
بوتاسيوم	K	٣٩
صوديوم	Na	٢٣
كبريت	S	٣٢
زنك	Zn	٦٥

٣٩ + (٢ × ١) + ٣١ + (٤ × ١٦) = ١٣٦ . ولهذا يكون فى كل ١٣٦ جرام من فوسفات البوتاسيوم ٣١ جرام من الفوسفور . وبالتالى فواحد جرام من الفوسفور يوجد فى $\frac{١٣٦}{٣١}$ جرام من فوسفات البوتاسيوم . وإذا

أذيبت هذه الوزنة فى مليون جرام من الماء (مليون ملليلتر أو ١٠٠٠ لتر) تعطى ١ جزء فى المليون من الفوسفور . لهذا فتركيز ٦٠ جزء فى المليون من الفوسفور يلزمه كمية من فوسفات البوتاسيوم قدرها ٢٦٣ جرام ($\frac{١٣٦}{٣١}$ × ٦٠) تذاب فى ١٠٠٠ لتر من الماء . وباختصار تكون خطوات الحساب كالتالى :

١ ـــ يكتب التركيز المطلوب من العنصر : ٦٠ جزء فى المليون فو .
٢ ـــ يحسب الوزن الجزيىء من المادة المستخدمة : KH_2PO_4 = ١٣٦ .
٣ ـــ يحسب وزن المادة الذى يعطى ١ جزء فى المليون فو : $\frac{١٣٦}{٣١}$ جرام .
٤ ـــ يحسب وزن المادة الذى يلزم لاعطاء ٦٠ جزء فى المليون فو : $\frac{١٣٦}{٣١}$ × ٦٠ = ٢٦٣ جرام .

وعند إذابة ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم فى ١٠٠٠ لتر من الماء فإن المحلول المغذى لا يحتوى على ٦٠ جزء فى المليون من الفوسفور فقط وإنما يحتوى أيضا على بعض البوتاسيوم . وتركيز البوتاسيوم فى المحلول يحسب كالآتى :

١ ـــ الوزن الجزيىء لفوسفات البوتاسيوم (KH_2PO_4) = ١٣٦ .
٢ ـــ نسبة البوتاسيوم فى فوسفات البوتاسيوم = $\frac{K}{KH_2PO_4}$ = $\frac{٣٩}{١٣٦}$.
٣ ـــ وزن البوتاسيوم فى فوسفات البوتاسيوم المذابة = ٢٦٣ × $\frac{٣٩}{١٣٦}$ = ٧٥ جرام .

ولأن فوسفات البوتاسيوم مذاب فى ١٠٠٠ لتر من الماء فهذا يعنى أن تركيز البوتاسيوم يكون ٧٥ جزء فى المليون بينما تركيز البوتاسيوم المطلوب فى

المحلول المغذى ٣٠٠ جزء فى المليون (جدول رقم ٥) . لهذا يجب إضافة ٢٢٥ جزء فى المليون من البوتاسيوم بدون إضافة أى زيادة من الفوسفور — ويمكن تحقيق ذلك بإضافة نترات البوتاسيوم (KNO_3) . ومن جدول رقم ٤ فإن الوزن الجزيىء لنترات البوتاسيوم يكون ٣٩ + ١٤ + (٣ × ١٦) = ١٠١ .

جدول رقم (٥) : التركيزات النموذجية (جزء فى المليون)
للعناصر فى المحلول المغذى المناسب
لنظام الغشاء المغذى

العنصر	الرمز	التركيز
نيتروجين	N	٢٠٠
فوسفور	P	٦٠
بوتاسيوم	K	٣٠٠
كالسيوم	Ca	١٧٠
مغنسيوم	Mg	٥٠
حديد	Fe	١٢
منجنيز	Mn	٢
بورون	B	,٣
نحاس	Cu	,١
موليبدنم	Mo	,٢
زنك	Zn	,١

وفى جزىء واحد من نترات البوتاسيوم يوجد ذرة واحدة من البوتاسيوم . وعلى هذا فإن كمية نترات البوتاسيوم التى تعطى ١ جزىء فى المليون

(1 ppm) بوتاسيوم تكون $\frac{١٠١}{٣٩}$ جرام لأنه فى كل ١٠١ جرام من نترات البوتاسيوم يوجد ٣٩ جرام من البوتاسيوم . لهذا فكمية نترات البوتاسيوم التى تحتاج إليها لنعطى ٢٢٥ جزء فى المليون K هى $\frac{١٠١}{٣٩}$ × ٢٢٥ = ٥٨٣ جرام .

وعلى هذا فإن إضافة ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم للمحلول المغذى سوف تمدنا أيضا ببعض النيتروجين .

ونسبة النيتروجين فى نترات البوتاسيوم من الأوزان الذرية والجزيئية المعطاة سابقا تكون $\frac{١٤}{١٠١}$. وعلى ذلك فوزن النيتروجين فى ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم يكون ٥٨٣ × $\frac{١٤}{١٠١}$ = ٨١ جرام . أى أن تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى يكون ٨١ جزء فى المليون لأن حجم المحلول المغذى والمذاب فيه نترات البوتاسيوم هو ١٠٠٠ لتر . ولكن من جدول رقم ٥ فإن تركيز النيتروجين المناسب هو ٢٠٠ جزء فى المليون . وبناءا على ذلك يلزمنا ١١٩ جزء فى المليون من النيتروجين بدون اضافة أى زيادة من البوتاسيوم . وهذا يمكن تحقيقه بإضافة نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$. فمن جدول رقم ٤ يكون الوزن الجزيىء لنترات الكالسيوم هو ٤٠ + ٢ [١٤ + (٣ × ١٦)] + ٤ [(٢ × ١) + ١٦] = ٢٣٦ . وفى كل جزىء من نترات الكالسيوم يوجد ذرتان من النيتروجين . وعلى هذا فكمية نترات الكالسيوم التى تعطى ١ جزء فى المليون من النيتروجين (N) تكون $\frac{٢٣٦}{٢ \times ١٤}$ جرام .

وبذلك فكمية نترات الكالسيوم اللازمة لاعطاء الـ ١١٩ جزء فى المليون من النيتروجين هى $\frac{٢٣٦}{٢ \times ١٤}$ × ١١٩ = ١٠٠٣ جرام . ولكن إضافة ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم للمحلول المغذى سوف يمدنا أيضا ببعض الكالسيوم . ونسبة الكالسيوم فى نترات الكالسيوم من معرفة الأوزان الذرية

والجزيئية المعطاة سابقا هى $\frac{٤٠}{٢٣٦}$. وعليه يكون وزن الكالسيوم فى الـ ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم هو ١٠٠٣ × $\frac{٤٠}{٢٣٦}$ = ١٧٠ جرام . هذا يعنى أن تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى يكون ١٧٠ جزء فى المليون لأن حجم المحلول المغذى المذاب فيه نترات الكالسيوم هو ١٠٠٠ لتر .

إذن فإذابة ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم ، ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم و ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم فى ١٠٠٠ لتر من الماء تعطى محلولا مغذيا يحتوى على ٦٠ جزء فى المليون فو (P) ، ٣٠٠ جزء فى المليون بو (K) ، ٢٠٠ جزء فى المليون ن (N) و ١٧٠ جزء فى المليون كالسيوم Ca . ومن الضرورى الاستمرار فى اضافة المواد للماء حتى يتواجد فى المحلول كل العناصر الضرورية والموضحة فى جدول رقم ٥ .

ويمكن اضافة المغنسيوم على صورة كبريتات المغنسيوم والحساب يكون كالآتى :

١ ـــ المطلوب ٥٠ جزء فى المليون مغنسيوم .

٢ ـــ الوزن الجزيىء لكبريتات المغنسيوم = [٢٤ + ٣٢ + (٤ × ١٦) + ٧ (٢ × ١) + ١٦] = ٢٤٦ .

٣ ـــ أجزاء فى المليون مغنسيوم = $\frac{٢٤٦}{٢٤}$ جرام كبريتات ماغنسيوم .

٤ ـــ ٥٠ جزء فى المليون مغنسيوم = $\frac{٢٤٦ \times ٥٠}{٢٤}$ = ٥١٣ جرام كبريتات مغنسيوم .

أى يلزم إذابة ٥١٣ جرام من كبريتات المغنسيوم فى ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

ويمكن أن يضاف الحديد فى صورة حديد مقيد (أى مخلوب) (Fe Na-EDTA) . والخلب أو التقييد عملية كيميائية يتفاعل فيها المركب العضوى مع الأيون المعدنى ليكون معقدا ثابتا ذائبا فى الماء وخاملا نسبيا : والصور البسيطة من الحديد غير ثابتة نسبيا فى المحاليل المغذية ــ فيمكن أن يتحول الحديد إلى صورة لا يستطيع النبات امتصاصها . والخلب يعطى ثباتا أكبر . والحديد المخلبى Fe-EDTA هو ملح الحديد فى أحادى الصوديوم لحامض الايثيلين داى أمين ثلاثى حمض الخليك Ethylene diamine tetraacetic acid والحساب يكون كالآتى :

١ ــ مطلوب ١٢ جزء فى المليون حديد .

٢ ــ الحديد المخلبى وزنه الجزيىء = ٢ [١٢ + ٢ + ١٤ + (٢ × ٥٨)] + ٥٦ + ٢٣ = ٢٦٧ .

٣ ــ ١ جزء فى المليون حديد (Fe) = $\frac{٣٦٧}{٥٦}$ جرام حديد مخلبى .

٤ ــ ١٢ جزء فى المليون حديد (Fe) = $\frac{٣٦٧}{٥٦}$ × ١٢ = ٧٩ جرام حديد مخلبى .

ويمكن اضافة المنجنيز فى صورة كبريتات منجنيز ومطلوب بنسبة ٢ جزء فى المليون Mn . وكبريتات المنجنيز $Mn\,SO_4 . H_2O$ وزنها الجزيىء = ١٦٩ . وواحد جزء فى المليون Mn = $\frac{١٦٩}{٥٥}$ جرام كبريتات منجنيز و ٢ جزء فى المليون Mn = $\frac{١٦٩}{٥٥}$ × ٢ = ٦,١ جرام كبريتات منجنيز .

والبورون مصدره حامض البوريك (H_3BO_3) والتركيز المطلوب ٣, جزء فى المليون (B) . والوزن الجزيىء لحامض البوريك = ٦٢ . فواحد جزء فى المليون بورون (B) = $\frac{٦٢}{١١}$ جرام حامض بوريك .

وبذلك يكون ٣, جزء فى المليون بورون = ٣, × $\frac{٦٢}{١١}$ = ١,٧ جرام حامض بوريك .

والنحاس مصدره كبريتات النحاس ومطلوب ١, جزء فى المليون نحاس Cu . والوزن الجزيىء لكبريتات النحاس $Cu\,So_4.5H_2O$ يساوى ٦٤ + ٣٢ + ٤ × ١٦ + ٥ [(٢ × ١) + ١٦] = ٢٥٠ . فواحد جزء فى المليون Cu = $\frac{٢٥٠}{٦٤}$ جرام كبريتات نحاس . وبذلك يكون ١, جزء فى المليون Cu = $\frac{٢٥٠}{٦٤}$ × ١, = ٣٩, جرام كبريتات نحاس .

ومصدر المولبدنم هو موليبدات الأمونيوم $(NH_4)_6\,Mo_7\,O_{24}.4H_2O$ ومطلوب ٢, جزء فى المليون Mo . والوزن الجزيىء لموليبدات الأمونيوم هو ١٢٣٦ يكون :

١ جزء فى المليون Mo = $\frac{١٢٣٦}{٩٦ \times ٧}$ جرام موليبدات أمونيوم وبذلك يكون

٢, جزء فى المليون Mo = $\frac{١٢٣٦}{٩٦ \times ٧}$ × ٢, = ٣٧, جرام موليبدات أمونيوم .

وكمية النيتروجين المضافة من موليبدات الأمونيوم يمكن اهمالها لأنها نسبة صغيرة جدا بالنسبة للنيتروجين الكلى المضاف .

ومصدر الزنك هو كبريتات الزنك ومطلوب منه ١, جزء فى المليون Zn وكبريتات الزنك $Zn\,SO_4.7\,H_2O$ لها وزن جزيىء ٢٨٧ وبذلك يكون :

١ جزء فى المليون Zn = $\frac{٢٨٧}{٦٥}$ جرام كبريتات زنك و ١, جزء فى المليون Zn = $\frac{٢٨٧}{٦٥}$ × ١, = ٤٤, جرام كبريتات زنك .

هذه الحسابات تعطى أوزان المواد المطلوب إذابتها فى ١٠٠٠ لتر من الماء (جدول رقم ٦) لتعطى التركيزات النموذجية النظرية من العناصر الموجودة فى جدول رقم ٥ . هذه الحسابات لا تأخذ فى الاعتبار وجود أى شوائب فى المواد المستخدمة فالمفروض أن كل المواد المستخدمة نقية تماما . وعلى هذا فمن اللازم معرفة نسبة الشوائب فى كل مادة لعمل التصحيحات المناسبة فى الأوزان المطلوبة (جدول رقم ٦) . فعلى سبيل المثال . إذا كانت نسبة النقاوة بنترات الكالسيوم المستخدمة ٩٠٪ فقط . فمن الضرورى ضرب وزن المادة النقية من نترات الكالسيوم المعطاة فى جدول رقم (٦) (١٠٠٣ جرام) فى $\frac{١٠٠}{٩٠}$ لتعطى وزن المادة الغير نقية من نترات الكالسيوم المطلوبة ، فتكون

$$١٠٠٣ \times \frac{١٠٠}{٩٠} = ١١١٤$$ جرام .

جدول رقم (٦) : أوزان المواد النقية المطلوب إذابتها
فى ١٠٠٠ لتر من الماء لتعطى التركيزات المثالية

المادة	الرمز	الوزن بالجرام
فوسفات بوتاسيوم ثنائى الهيدروجين	KH_2PO_4	٢٦٣
نترات بوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣
نترات كالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$	١٠٠٣
كبريتات مغنسيوم	$MgSO_4 . 7H_2O$	٥١٣
حديد مخلبى	$[CH_2N(CH_2Coo)_2]_2$-Fe Na	٧٩
كبريتات منجنيز	$MnSO_4 . H_2O$	٦,١
حمض بوريك	H_3BO_3	١,٧
كبريتات نحاس	$CuSO_4 . 2H_2O$	,٣٩
موليبدات أمونيوم	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} . 4H_2O$	,٣٧
كبريتات زنك	$ZnSO_4 . 7H_2O$	,٤٤

وأوزان المواد النقية المعطاة فى جدول رقم (٦) عند إذابتها فى ١٠٠٠ لتر من الماء تعطى محلولا له درجة توصيل كهربى حوالى ٣٠٠٠ ميكروموز (٣ ملليموز أو dS/m أو CF = ٣٠) إذا كان الماء نقيا بدرجة معقولة . وبعبارة أخرى فإن CF للماء مبدئيا سوف يكون منخفضا بدرجة معقولة واضافة أوزان العناصر الغذائية المعطاة فى جدول رقم (٦) سوف ترفع CF إلى ٢٠ ـــ ٣٠ ومع نمو المحصول يسحب أو يمتص بعض هذه العناصر الغذائية من المحلول المغذى وعندما تنخفض الـ CF إلى ٢٠ ، يجب إضافة العناصر الغذائية لترفع الـ CF إلى ٣٠ تقريبا . وهذا يتطلب أوزانا صغيرة من تلك المواد المعطاة فى جدول رقم ٦ ويمكن اعتبار أن $\frac{١}{٣}$ أوزان المواد المعطاة فى جدول رقم ٦ مناسبة للاضافة لرفع الـ CF إلى ما يقرب من ٣٠ .

تجهيز المحلول الأصلى

افترضنا فى الجزء الذى يهتم بتركيز المحلول المغذى أن المواد التى تمد العناصر الغذائية توزن أولا ثم تذاب فى الماء الدائر فى نظام الغشاء المغذى . وهذه طريقة ملائمة فى حالة التحكم اليدوى فى امداد النبات بالعناصر وقد يكون من الأفضل أحيانا استخدام محاليل أصلية سابقة التحضير ـــ وليس إضافة الأملاح ـــ للتحكم اليدوى أما فى حالة التحكم الأوتوماتيكى فيكون استعمالها ضروريا .

والمحلول الأصلى هو عبارة عن محلول غذائى مركز . ويضاف حجم صغير من المحلول الأصلى إلى الماء الدائر فى نظام الغشاء المغذى لتوفير العناصر الغذائية . ولتحضير المحاليل الأصلية يجب تفهم الذوبان . فالمحلول المشبع يحتوى على أعلى كمية من المذاب التى تذوب فى كمية من المذيب عند درجة الحرارة العادية . ويوضح جدول رقم ٧ ذوبان المواد المستخدمة فى تحضير المحلول المغذى فى الماء البارد . ويمكن إذابة ١٣ جرام فقط من نترات البوتاسيوم فى ١٠٠ ملليلتر من الماء البارد ، بينما يذوب ٢٦٦ جرام من نترات

الكالسيوم فى ١٠٠ ملليلتر من الماء البارد . وكقاعدة عامة يمكن القول إن ذوبان المواد الصلبة فى الماء يزداد بزيادة درجة حرارة الماء .

جدول رقم (٧) : درجة الذوبان التقريبية لبعض المواد فى الماء البارد (جم/١٠٠ ملليلتر)

المادة	الرمز	الذوبان
فوسفات البوتاسيوم ثنائى الهيدروجين	KH_2PO_4	٩٠
نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٣
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	٢٦٦
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٧١
كبريتات المنجنيز	$MnSO_4.4H_2O$	٩٨
حمض البوريك	H_3BO_3	٦
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	٣١
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	٤٣
كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$	٩٦

ولتفهم تركيب المحلول الأصلى يجب تفهم الترسيب . والترسيب هو إزالة مادة من المحلول كنتيجة لتفاعل كيميائى بين مادتين مذابتين وتكون النتيجة تكوين مادة جديدة أقل ذوبانا ترسب على صورة صلبة . وفى المحلول المشبع يكون لحاصل ضرب تركيزات كاتيونات وأنيونات المادة الذائبة قيمة خاصة بهذه المادة . وهو ما يسمى بحاصل الإذابة . فعندما يزيد حاصل ضرب الأيونات (كاتيونات وأنيونات) عن حاصل الإذابة يتكون الراسب . وعلى ذلك فعندما تتفاعل مادتان ذائبتان فى الماء ليكونا مادة ثالثة أقل ذوبانا ، لا يتكون راسب المادة الثالثة إذا كان حجم الماء كبيرا بدرجة كافية بالنسبة إلى ذوبان المادة الجديدة . وإذا كان حجم الماء غير كاف فإن الراسب سوف يتكون . ولهذا السبب من الضرورى تجنب الترسيب عند تجهيز المحاليل الأصلية (وهى محاليل مركزة فى حجم صغير من الماء) .

ولتحقيق ذلك يمكن تحضير محلول أصلي لكل مادة ، غير أنه نظرا للحاجة إلى ٩ مواد في المحلول المغذى لنظام الغشاء المغذى ، فإن هذا العدد الكبير من المحاليل الأصلية يكون مربكا . ومن الممكن خلط معظم المواد بدون ترسيب . وأكبر المواد كمية هي نترات الكالسيوم ويجب ملاحظة عدم خلطها مع كبريتات المغنسيوم في المحلول الأصلي لأنها تكون راسبا من كبريتات الكالسيوم ذات نسبة ذوبان منخفضة فتترسب .

ومن المفضل تجهيز محلول أصلي (أ) من نترات الكالسيوم لا يحتوى شيئا آخر ما عدا الحديد المخلوب (المقيد) EDTA-Fe أما المواد الأخرى الموجودة في جدول رقم ٨ فيمكن خلطها معا في محلول أصلي آخر (ب) . ويوضع الحديد المخلوب مع نترات الكالسيوم حتى لا يحدث تغير في اللون . فعندما يذاب الحديد المخلوب في الماء يكون لون المحلول المركز بنى محمر . فإذا شمل المحلول الثاني الحديد المخلوب فإن كثافة اللون تقل تدريجيا ويحدث بعض الترسيب . بينما لا يوجد تغير في اللون عندما يكون الحديد المخلوب موجودا في المحلول الأصلي لنترات الكالسيوم . وعند إضافة كبريتات النحاس إلى المحلول الأصلي الثاني فمن المفضل إذابة كبريتات النحاس منفصلة في قليل من الماء ثم يضاف المحلول إلى المحلول الأصلي ، أو تذاب كبريتات النحاس أولا في المحلول الأصلي قبل إضافة أو إذابة أي من المواد الأخرى . وذلك حتى لا يتكون راسب من بلورات كبريتات النحاس ويصبح ذوبانها أكثر صعوبة .

تجهيز المحلولين الأصليين

بإعتبار أن حجم الماء المناسب للاستعمال هو ٤٥ لتر لكل من المحلولين الأصليين (أ ، ب) وذلك لسهولة الحصول على الأوعية البلاستيكية غير المنفذة للضوء بهذا الحجم . ويوضح جدول رقم ٨ أنه يلزم كمية كبيرة من نترات البوتاسيوم . ويتضح من جدول رقم ٧ أن درجة زوبان هذا الملح — نترات البوتاسيوم — منخفضة (١٣ جرام في ١٠٠ ملليلتر من الماء البارد) . وعلى ذلك يتحدد تجهيز المحلول المركز الأصلي المخلوط بذوبان نترات

البوتاسيوم . وعند تحضير ٤٥ لتر من المحلول الأصلى يذاب ١٣٠ × ٤٥ = ٥٨٥٠ جرام من نترات البوتاسيوم . ومن جدول رقم ٦ يتضح أن ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم تلزم لحجم من الماء الدائر فى نظام الغشاء المغذى قدره ١٠٠٠ لتر . وعلى ذلك $\frac{٥٨٥٠}{٥٨٣}$ = ١٠,٠٣٤ هو أعلى تركيز من نترات البوتاسيوم الذى يمكن تحضيره فى المحلول الأصلى . ولذلك تضرب الأوزان فى جدول رقم ٦ فى ١٠ فنحصل على الأوزان الموضحة فى جدول رقم ٨ . وهذه هى أوزان المواد التى سوف تذاب فى ٤٥ لتر ماء لتحضير كل من المحلولين الأصليين .

جدول رقم (٨) : أوزان المواد النقية التى يمكن إذابتها فى ٤٥ لتر من الماء لتحضير المحاليل الأصلية .

المادة	الرمز	الوزن	
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$	١٠٠٣٠	المحلول الأصلى
الحديد المخلب	$[CH_2.N(CH_2 COO)_2]_2 Fe\text{-}Na$	٧٩٠	(أ)
فوسفات البوتاسيوم ثنائى الهيدروجين	KH_2PO_4	٢٦٣٠	
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣٠	
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4 . 7H_2O$	٥١٣٠	المحلول
كبريتات المنجنيز	$MnSO_4 . 4H_2O$	٦١	الأصلى
حمض البوريك	H_3BO_3	١٧	(ب)
كبريتات نحاس	$CuSO_4 . 5H_2O$	٣,٩	
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} . 4H_2O$	٣,٧	
كبريتات زنك	$ZnSO_4 . 7H_2O$	٤,٤	

فى هذه الحسابات لم يؤخذ فى الاعتبار الشوائب التى قد تكون موجودة فى المواد ، فقد افترض أن المواد المستخدمة نقية . ولذا يجب أن يؤخذ فى الاعتبار

نسبة الشوائب الموجودة فى المواد المستخدمة وإعادة ضبط الحسابات والأوزان الموضحة فى جدول رقم ٨ .

ومن المحاليل الأصلية سالفة الذكر يؤخذ ٤ ١/٢ لتر من المحلول الأصلى (أ) و ٤ ١/٢ لتر من المحلول الأصلى (ب) إلى كل ١٠٠٠ لتر من الماء الدائر فى نظام الغشاء المغذى . وإذا كانت كمية الماء الدائر أقل أو أكثر من ١٠٠٠ لتر فحينئذ يزيد أو ينقص حجم المحلول الأصلى الذى يضاف . وللماء الدائر فى نظام الغشاء المغذى درجة توصيل كهربائى حتى قبل أن يضاف إليه المحلول الأصلى . ويختلف التوصيل الكهربائى للماء حسب مصدر هذا الماء ، فالماء الملحى ذو توصيل كهربائى مرتفع . فإذا كان التوصيل الكهربى للماء على سبيل المثال ٠,٥ د س/م (٥٠٠ ميكروموس أو ٠,٥ مليموز/سم) أو معامل توصيله (CF) = ٥ فإن الكمية المضافة من المحلول الأصلى أ ، ب (٤ ١/٢ لتر) لكل ١٠٠٠ لتر من الماء الدائر سوف تزيد من التوصيل وسوف يكون الـ CF بين ٢٠ ، ٣٠ .

وعند عمل المحلول البادىء فى الخزان الجامع Catchment tank أو الخندق الجامع Catchment trench فى نظام الغشاء المغذى فمن المهم أن تكون إضافة المواد الكيماوية إلى الماء فى الترتيب الصحيح حتى لا يحدث ترسيب .

صور النيتروجين المستخدم فى المحلول المغذى

عند بداية إنشاء وتطوير طريقة الغشاء المغذى ماتت نباتات الطماطم الصغيرة خلال أسابيع قليلة من وضعها فى قنوات نظام الغشاء المغذى . وبالفحص تبين أن سيقان النباتات قد حدث لها ضرر من المحلول المغذى عند سطح السائل (فى المنطقة التى فوق سطح السائل) . إذ ماتت الأنسجة الخارجية للساق عند هذه النقطة وأصبح لونها بينا . وقد لوحظ أن هذه

الظاهرة تصاحب استعمال النيتروجين فى صورة أمونيوم (NH_4) فى المحلول . بينما لم يحدث أى ضرر عندما كان النيتروجين كله فى صورة نترات (NO_3) . كما إتضح أن نباتات الطماطم الكبيرة مقاومة لهذا الضرر الناتج عن استخدام النيتروجين الأمونيومى ولو أن نمو الجذور قد تأثر . وفى حالة وجود نسبة قليلة من النيتروجين الأمونيومى (٢٠٪ من النيتروجين الكلى) لوحظ ذبول نباتات الطماطم الصغيرة خلال الجزء الحار من الأيام المشمسة . ولذلك فنوصى بأن يكون جميع النيتروجين المستخدم فى نظام الغشاء المغذى فى صورة نترات (NO_3) وألا يستخدم النيتروجين الأمونيومى .

ويقتضى إجراء بعض الدراسات عن استخدام النيتروجين الأمونيومى فى نظام الغشاء المغذى — إذ من المحتمل أن تقاوم نباتات الطماطم النيتروجين الأمونيومى ولكن النسبة الملائمة التى لا تسبب ضررا غير معروفة . كما أنه من المحتمل أيضا أن تكون المحاصيل الأخرى أكثر مقاومة للنيتروجين الأمونيومى من الطماطم .

لذا فيجب إجراء مزيد من الدراسات لإيجاد النسب المأمونة من النيتروجين الأمونيومى فى الكمية الكلية المضافة من النيتروجين التى لا تقلل المحصول والتى قد تفيد فى خفض مقدار الحامض اللازم لضبط رقم الـ PH عند ٦ خصوصا فى المناطق التى يستخدم فيها ماء يحتوى على تركيز مرتفع من الكالسيوم . أما فى المناطق التى يستخدم فيها ماء حامضى فلا ينصح باستخدام الأمونيوم لأنه يساعد على زيادة الحموضة .

وقد أوضحت دراسات تكوين المحاليل المغذية باستخدام نيتروجين أمونيومى أنه لا ضرر منه فى المناطق التى يحتوى ماؤها كمية عالية من الكالسيوم الذائب . وبمعنى آخر فإن إضافة الكالسيوم أو استخدام نترات الكالسيوم غير مرغوب فيه .

وفى حالة عدم استخدام نترات الكالسيوم بسبب وجود كمية كافية من الكالسيوم فى الماء المحلى المستخدم فإن الحسابات المستخدمة والتى أشرنا إليها

لتركيب المحاليل الغذائية يمكن تعديلها باستخدام نترات الأمونيوم (NH_4NO_3) بدلا من نترات الكالسيوم لتوفير النيتروجين اللازم بالإضافة للموجود فى نترات البوتاسيوم . ومن الحسابات يتضح أن ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم و ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم قد أذيبت فى ١٠٠٠ لتر من الماء لايجاد محلول غذائى يحتوى ٦٠ جزء فى المليون فوسفور و ٣٠٠ جزء فى المليون بوتاسيوم و ٨١ جزء فى المليون نيتروجين . ويوضح جدول رقم ٥ أنه يلزم ٢٠٠ جزء فى المليون نيتروجين أى أنه يجب إضافة ١١٩ جزء فى المليون نيتروجين يمكن توفيرها من نترات الأمونيوم كما يتضح من الحسابات التالية :

١ ــ المطلوب ١١٩ جزء فى المليون نيتروجين .

٢ ــ الوزن الجزيىء لنترات الأمونيوم NH_4NO_3 = ١٤ + (٤ × ١) + ١٤ + (٣ × ١٦) = ٨٠ .

٣ ــ لايجاد ١ جزء فى المليون نيتروجين يذاب $\frac{٨٠}{٢٨}$ جرام من نيترات الأمونيوم فى ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

٤ ــ لايجاد ١١٩ جزء فى المليون نيتروجين يذاب $\frac{٨٠}{٢٨}$ × ١١٩ = ٣٤٠ جرام من نترات الأمونيوم فى ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

فعندما يحتوى الماء المحلى على كمية كافية من الكالسيوم المذاب فإن النيتروجين الإضافى يمكن توفيره بوزن أصغر من نترات الأمونيوم (٣٤٠ جرام) بدلا من ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم كما ستنخفض كمية الحامض اللازم إضافتها للتحكم فى PH المحلول . أما إذا لم يوجد كالسيوم ذائب فى الماء المستخدم فيمكن توفير النيتروجين فى المحلول بإذابة ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم وفى الحالات الوسيطة بين الحالتين السابقتين فيمكن استخدام جزء من نترات الأمونيوم وجزء من نترات الكالسيوم وتتحدد الأوزان النسبية بينهما من كمية الكالسيوم فى الماء المستخدم .

النسبة بين البوتاسيوم والنيتروجين فى المحلول المغذى

عند تسميد الطماطم النامية فى التربة تكون للنسبة بين البوتاسيوم والنيتروجين (K : N) أهمية كبيرة ويقتضى ضبط هذه النسبة فى تسميد المحصول خلال موسم النمو . ويعتقد أن كل من كمية المحصول وجودة الثمار يتأثر بهذه النسبة . وذلك لأنه من المعروف أنه إذا كانت هذه النسبة زائدة الانخفاض تقل جوده الثمار وإذا كانت زائدة الارتفاع يقل المحصول . ولهذا السبب فقد أخذ فى الاعتبار أثر نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحلول المغذى منذ استخدام نظام الزراعة بأسلوب الغشاء المغذى . وقد أتضح أن ظاهرة تحمل المحاصيل المزروعة بهذا النظام لمدى واسع من العناصر المغذية تمتد أيضا إلى نسبة البوتاسيوم إلى النيتروحين فى المحلول . إذ لوحظ أن تأثير نسب من البوتاسيوم إلى النيتروجين من ٢٦ : ١ إلى ١,٠ : ١ قليل على كل من جوده ومحصول الطماطم مادامت الكمية الحقيقة من كل من البوتاسيوم والنيتروجين ليست صغيرة بحيث تسبب فقرا أو كبيرة فتسبب تسمما .

وقد اتضح أيضا أن محاصيل الطماطم النامية بنظام الغشاء المغذى تحصل على النسبة الملائمة لها من البوتاسيوم إلى النيتروجين بصرف النظر عن نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحلول المغذى الدائر Recirculating Solution . كما أن هذه النسبة تتغير بتغير مراحل نمو النبات . ففى دراسة على محصول الطماطم النامى بنظام الغشاء المغذى فى انجلترا وضعت فيها نباتات الطماطم فى قنوات الغشاء المغذى بعد أيام قليلة من الإنبات فى شهر نوفمبر . وكانت نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المستنفذ (بالامتصاص) من المحلول على فترات أسبوعية لمدة ٦ شهور موضحة فى جدول رقم ٩ . ومن هذا الجدول يتضح أنه خلال الشهرين الأولين (ديسمبر ويناير) كانت نسبة البوتاسيوم إلى النيتروحين الممتص حوالى ١ : ١ . وخلال الشهر الثالث (فبراير) كانت النسبة ١,٥ : ١ . وخلال الشهر الرابع (مارس) كانت النسبة تقريبا ٢ $\frac{١}{٢}$: ١ . ويبدأ الحصاد فى نهاية شهر مارس فى الأسبوع السابع عشر — ومن هذا

جدول رقم (٩) : نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المزالة بمحصول الطماطم من المحلول الدائر فى نظام الغشاء المغذى

الأسبوع		البوتاسيوم : النيتروجين
١ ـ ٩		١ : ١,١
١٠		١ : ١,٥
١١		١ : ١,٤
١٢		١ : ١,٦
١٣		١ : ١,٦
١٤		١ : ٢,٠
١٥		١ : ٢,٤
١٦		١ : ٢,٤
١٧	بدأ جمع المحصول	١ : ٢,٤
١٨		١ : ٢,٢
١٩		١ : ١,٩
٢٠		١ : ٢,١
٢١		١ : ١,٩
٢٢		١ : ١,٩
٢٣		١ : ١,٩

الوقت إلى نهاية الموسم كانت النسبة حوالى ٢ : ١ . هذا يؤكد أن احتياجات النباتات الصغيرة الورقية من البوتاسيوم والنيتروجين تكون بنسبة ١ : ١ وعندما يبدأ تكون الثمار تزداد النسبة وتصل إلى ١/٢ ٢ : ١ قبيل بداية الحصاد ثم تثبت هذه النسبة عند ٢ : ١ . ومع ذلك نظرا لتحمل محاصيل نظام الغشاء المغذى لمدى واسع من العناصر المغذية ، فلا حاجة لضبط نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحلول المغذى شرط أن تتوفر كمية كافية من البوتاسيوم لمقابلة

الاحتياجات العالية منه . كما لوحظ أيضا فى الدراسة السابقة أن نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين الممتصة بمحصول الطماطم تتغير بالرغم من تثبيت نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحلول الدائر عند ١,٥ : ١ تقريبا . وكان المحصول الناتج جيدا جدا والثمار ذات جودة عالية .

حدود نقص وسمية العناصر بالمحلول المغذى

لا توجد معلومات كافية عن حدود تركيزات العناصر الغذائية التى يحدث عندها أعراض نقص أو سمية هذه العناصر عند تنمية النباتات بطريقة الغشاء المغذى . ويبدو أن مدى التحمل الكبير لهذه النباتات لإمداد العناصر فى نظام الغشاء المغذى يرجع إلى تقنيات الطريقة نفسها باستمرار تدفق المحلول المغذى على الجذور وعدم وجود بيئة صلبة تنمو بها الجذور . والظاهر أن حدود نقص أو سمية العناصر المعروفة من الأعراض التى تظهر على النباتات النامية فى بيئة صلبة أو فى مزرعة مائية (بدون تدفق مستمر للمحلول المغذى مارا بالجذور) لا تلائم ما يحدث فى الزراعة بنظام الغشاء المغذى . وتوجد بعض البيانات عن تركيز كل من النيتروجين والبوتاسيوم الذى يتضح عنده فقر نباتات العشبيات فى نظام الغشاء المغذى . وقد أوضحت دراسات معهد بحوث زراعة العشبيات فى انجلترا أن تركيزا منخفضا من النيتروجين يصل إلى ٠,١ جزء فى المليون فى المحلول المتدفق على الجذور كان كافيا لنمو عادى وتركيز مناسب للنيتروجين فى أوراق الراى Rye grass . كما تبين أيضا أن أقل من ١٠ جزء فى المليون من النيتروجين قد أعطى نموا كبيرا من نباتات مثمرة من الطماطم ولكن التركيز الأقل من ذلك (١٠ جزء فى المليون) الذى يبدأ عنده انخفاض النمو غير معروف . وقد أوضحت دراسات فى جامعة استراليا الغربية أن ١٤ صنفا من أصناف الأعشاب قد ظهر عليها أعراض نقص البوتاسيوم عندما كان تركيزه بالمحلول المغذى ٠٤, جزء فى المليون . ومع ذلك حققت ثمانية أصناف منها أعلى نمو عند تركيز ٩, جزء فى المليون من البوتاسيوم وتحقق أعلى محصول عند تركيز ٣,٧ جزء فى المليون فى الستة أصناف الباقية .

وتوضح هذه النتائج أن تركيزات النيتروجين والبوتاسيوم التى تعانى عندها النباتات النامية بنظام الغشاء المغذى النقص فى هذين العنصرين شديدة الانخفاض حتى يمكن اعتبارها ذات أهمية أكاديمية فقط .

فعمليا يعانى النبات فى نظام الغشاء المغذى من نقص النيتروجين أو البوتاسيوم إذا لم يكونا موجودين أصلا فى المحلول المغذى . وفى حدود التركيزات التى تستخدم عادة فى نظام الزراعة بالغشاء المغذى فإن النيتروجين والبوتاسيوم يكونان متاحين بوفرة .

والمعلومات المتاحة عن التركيزات الزائدة السامة للعناصر الغذائية فى الزراعة بنظام الغشاء المغذى قليلة أيضا . ولقد نشر فى جيرسى بايسلندا أن تركيز الزنك فى المحلول المغذى حتى ١٦ جزء فى المليون لم يسبب أى مشكلة . وبسبب النقص فى معلوماتنا عن التركيزات التى تسبب النقص أو التسمم لمعظم العناصر الغذائية تقريبا فإن الحاجة ماسة لإجراء البحوث لتحديد هذه الحدود فى الزراعة بأسلوب الغشاء المغذى .

تحمل محاصيل تقنيات الغشاء المغذى لتركيزات العنصر فى المحلول المغذى

أوضحت تجارب زراعة المحاصيل بتقنيات الغشاء المغذى أنه فى غياب البيئة الصلبة لنمو الجذور وفى وجود المحلول المغذى الدائر المستمر خلال حصيرة الجذور أن مدى تحمل هذه المحاصيل لتركيزات العنصر كبير . فعلى سبيل المثال كان تأثير المدى الواسع لتركيز النيتروجين بين ١٠ ، ٣٢٠ جزء فى المليون فى المحلول الدائر قليل جدا على النمو والمحصول أو حتى الكمية الممتصة منه فى نباتات الطماطم . وكان مدى التحمل لإمداد الفوسفور أكبر من ٥ إلى ٢٠٠ جزء فى المليون فى المحلول الدائر ، وللبوتاسيوم كان بين ٢٠ ، ٣٧٥ جزء فى المليون . هذه الظاهرة لمدى التحمل الواسع لإمداد العنصر لمحاصيل الغشاء المغذى هى التى جعلت استخدام قياس سريع وبسيط للتوصيل الكهربائى للمحلول الدائر كوسيلة للتحكم فى إمداد العنصر ممكنا ومع ذلك لا يوصى باستخدام تركيز منخفض جدا من النيتروجين فى المحاليل المغذية فى تقنيات

الغشاء المغذى . فالأفضل استخدام تركيز أعلى ولنقل مثلا ٢٠٠ جزء فى المليون حتى يتوفر احتياطى كبير من النيتروجين فلا يحدث نقص فيه نتيجة امتصاصه بواسطة النبات .

وأوضحت التجارب أيضا أن هناك مدى واسعا لتحمل النبات لتركيزات البوتاسيوم فى المحلول المغذى . وكذا يبدو أنه من الضرورى أن يوجد مدى واسع من العناصر الأخرى . وانتشار طريقة قياس التوصيل الكهربائى للتحكم فى تركيز العنصر ونجاحها بدون أى تحليل كيميائى يشير أيضا إلى مدى واسع من التحمل . وهذا لا ينفى الحاجة إلى التحليل الكيميائى . فالتحليل الكيميائى ذو أهمية لتأكيد التقديرات خاصة فى السنة الأولى لممارسة الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى حيث تكون الخبرة غير كافية .

وللدلالة على المدى الواسع لتحمل النباتات لتركيزات العنصر ، يشير كوبر Cooper إلى أن المحلول المغذى الموضح بجدول رقم (٥) والذى استخدمه فى بداية ممارسته لطريقة الغشاء المغذى لا يزال يستخدم بنجاح لعدد كبير من المحاصيل فى بلدان متعددة . والدليل على ذلك هو أن كوبر Cooper قد استخدم هذه التركيبة من المحلول المغذى لإنماء عدد كبير من أصناف النباتات معا فى صوبة زجاجية واحدة بمحلول دائر واحد لمدة ثلاث سنوات . كما أن قنوات الغشاء المغذى التى تنمو فيها النباتات كانت تطرد محاليلها مباشرة فى خزان جامع يضخ منه المحلول إلى فتحات دخول القنوات . وكان قياس الـ PH والتوصيل الكهربائى CF للمحلول يتم مرة واحدة فى اليوم ويضاف الحامض والكيماويات يدويا إلى الخزان كما سبق الاشارة فى قياس الـ PH والتوصيل CF . وخلال هذه السنوات الثلاث لم يتم تحليل كيميائى . ويفرغ الخزان ويعاد ملؤه بمحلول جديد على فترات غير منتظمة (عدة أشهر) وحسب الظروف وكانت النباتات جميعها جيدة النمو ولم يظهر عليها أعراض نقص أو تسمم غذائى . وأصناف النباتات النامية اختلفت من محاصيل ورقية سريعة النمو مثل الأعشاب Grass والخس Lettuce إلى محاصيل بطيئة النمو مثل الشجيرات

الخشبية Woody Shurbs والأشجار . وفى نهاية التجربة كان عمر بعض الأشجار ٣ سنوات وطولها ٢,٥ قدم .

ولم توضح التجارب بصفة قاطعة أى استثناء مؤكد لإمكان استخدام محلول غذائى واحد لمعظم المحاصيل فى معظم مراحل النمو ومعظم أوقات السنة ومعظم الأماكن وفى معظم البلدان . ولو أنه من المتوقع وجود بعض الاستثناءات لهذه الظاهرة العامة غير أن ذلك قد يعود لوجود شوائب فى الماء المستخدم ، كما يبدو أنه بالنسبة للنباتات التى لا تتحمل نقص الماء أو الظروف الحوية التى تؤدى إلى نقص الماء داخل النبات يكون خفض التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى أهم من التغير فى تركيب المحلول . هذا ... وتوجد تحضيرات تجارية جاهزة من أملاح المحاليل المغذية خاصة بتقنية الغشاء المغذى تعطى نموا مرضيا لمعظم الأصناف ولمعظم مراحل النمو ولكثير من البلدان . وهذه التحضيرات التجارية الجاهزة تتميز بأنها توفر العمل وتسهله . كما يمكن التحكم فى نوعية الخليط وتجنب أخطاء الوزن . ولكن هذه التحضيرات الجاهزة غالية الثمن بالنسبة لشراء الكيماويات المختلفة وخلطها فى المزرعة .

الباب الثالث

نظام الغشاء المغذى

- الوصف العام
- مكونات نظام الغشاء المغذى
- مقارنة التدفق من خزان علوى بالضخ المباشر
- ترشيح الماء
- تفريغ نظام الغشاء المغذى
- دوران المحلول المغذى
- سميه المواد المستعملة
- قنوات الغشاء المغذى
- تثبيت النباتات الصغيرة فى القنوات
- استعمال حصيرة شعرية فى القنوات
- استهلاك النباتات من الماء فى نظام الغشاء المغذى
- تقنية الغشاء المغذى كطريقة للرى
- نز الجذور وتثبيت النيتروجين



نظام الغشاء المغذى

الوصف العام

إنتاج المحاصيل بأسلوب الغشاء المغذى والمعروف باسم Nutrient Film Technique (اختصارا NFT) طريقة لتنمية النباتات بحيث يكون مجموعها الجذرى فى تيار ضحل من الماء أذيب فيه جميع العناصر الغذائية اللازمة ، فلا توجد بيئة صلبة ينمو فيها المجموع الجذرى . وفى هذا النظام ينمو المجموع الجذرى ــ الذى يكوّن ما يشبه الحصيرة ــ وينتشر بحيث يكون جزء منه مغمورا فى تيار ضحل من المحلول المغذى الذى يعاد دورانه والجزء الآخر من المجموع الجذرى يعلو سطح المحلول حيث يكون تيار الماء ضحل جدا . ويكون الجزء العلوى من حصيرة الجذور الذى ينمو فوق الماء مبتلا غير أنه يكون فى نفس الوقت فى الهواء . ويلتصق بسطوح الجذور التى فى الهواء غشاء رقيق من المحلول المغذى ومن ثم كان اسم هذا النظام « تقنيات الغشاء المغذى » .

ومن الضرورى الاحتفاظ بهذا الغشاء فى نظام الغشاء المغذى حيث أنه يضمن ميزة هامة جدا . ففى نظام الزراعة المعتادة إذا زاد الماء (فى نظام الرى أو بعد سقوط الأمطار) يصبح الهواء غير كاف عند سطوح الجذور وعندما تجف التربة يتخللها الهواء فيكون الأوكسجين متوفرا وينقص الماء وعلى ذلك ففى الزراعة المعتادة سواء باستخدام الرى أو بالاعتماد على الأمطار يتغير الاتزان بين الماء والأوكسجين عند سطوح الجذور بصفة مستمرة ويكون أحدهما عادة عاملا محددا . أما فى نظام الغشاء المغذى NFT فالهواء والماء متوفران بصفة دائمة عندسطوح الجذور . أما إذا غمر المجموع الجذرى كله فى الماء تصبح هذه الظروف مشابهة للظروف التى يتواجد فيها الجذر فى التربة الغدقة المشبعة

بالماء والمصدر الوحيد للأوكسجين فى هذه الحالة هو ما يكون ذائبا فى الماء الدوار[1] .

والشروط الأساسية فى نظام الغشاء المغذى هى :

١ ــ التأكد من أن الانحدار الذى يؤدى إلى تدفق الماء فى قنوات النظام إلى أسفل متجانس ولا يتأثر بتعرجات موضعية حتى لو كانت بضعة ملليمترات .

٢ ــ يجب ألا يكون معدل التدفق عند فتحة دخول المحلول سريعا حتى لا يزداد عمق المحلول فى نهاية القناة .

٣ ــ يجب أن يكون عرض القنوات التى ستنمو فيها الجذور مناسبا حتى نتجنب إعاقة الماء بحصيرة الجذور وقد لوحظ تناسب وزن النباتات مع عرض القناة .

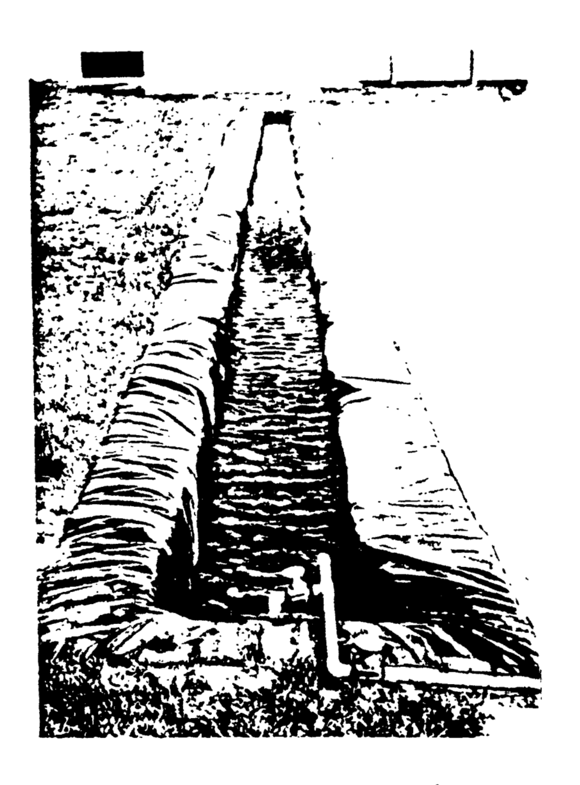
٤ ــ يجب أن تكون قاعدة قنوات النظام مستوية وعير متعرجة ، حتى نضمن وجود عمق ثابت متجانس من المحلول على طول كل قناة . فالانحدار المتجانس ذو أهمية كبيرة ويجب ملاحظة عدم وضع القنوات على التربة الناعمة المضغوطة لأنها لا تهيىء قاعدة ثابتة لقنوات النظام إذا كانت معرضة للأمطار أو تكثيف الرطوبة أو الندى إذ يسبب ذلك عدم استقرار الأرض . ولذا فالأرض المرصوفة بالخرسانة أو شرائح الصلب أو الألمونيوم تكون أكثر ملاءمة .

---

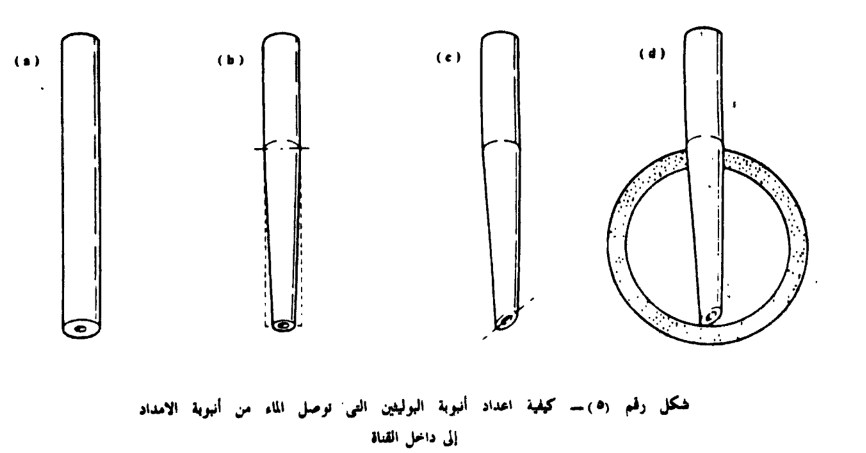
(١) يقصد بالماء الدوار أن الماء يدور فى قنوات النمو إلى خزان تجميع ثم إلى القنوات مرة أخرى كما سيأتى ذكر ذلك بالتفصيل .

مكونات نظام الغشاء المغذى

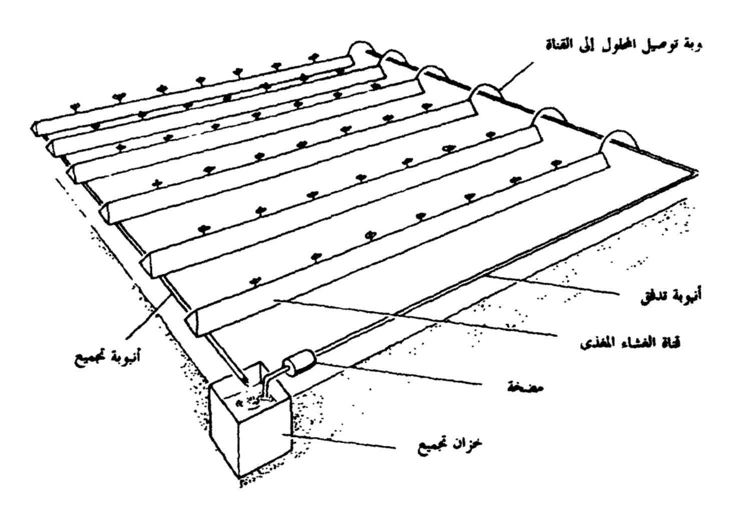
إذا فرضنا أن مساحة الأرض التى نود استزراعها ذات شكل مستطيل ذى انحدار فى الاتجاهين الطولى والعرضى . فهذا يعنى أن هذا المستطيل يكون له ركن أكثر انخفاضا من أركانه الثلاثة الأخرى . وتوضع مضخة المحلول الدوار Circulating Pump فى هذا الركن المنخفض . ويحفر خندق جامع (شكل رقم ٤) على طول أكثر الجوانب انخفاضا من المستطيل . وتنثر التربة الناتجة من الحفر على الجانب الأعلى (الجانب المقابل) من المستطيل ويجب أن يكون سطح الأرض أملسا ناعما منبسطا ويمكن استخدام تربة الحفر فى تحقيق ذلك . ويبطن الخندق حتى يكون غير منفذ للماء باستخدام غشاء من البوليثين المعامل بالبولى استر إذا كان من المتوقع استخدام محلول ساخن . ويوصل الماء إلى الخندق مع التحكم فيه بواسطة عوامة وصمام ، ويغطى الخندق بغطاء يمنع الضوء ويقلل البخر . توضع قنوات نظام الغشاء المغذى من النوع الشائع الذى سوف نصفه فيما بعد مع ميل سطح الأرض بحيث تصب مباشرة فى الخندق . وتوصل المضخة بواسطة أنابيب مصنوعة من البوليثين لتدفع الماء من الخندق إلى الأطراف العليا من القنوات . ويصب الماء فى كل قناة بواسطة أنبوبة بلاستيكية ذات فتحة صغيرة تأخذ من الأنبوبة القادمة من المضخة . هذه الأنابيب البلاستيكية تكون عادة معدة كما يتضح من شكل رقم ٥ بحيث أن طرف الأنبوبة المسلوب هو الذى يثبت فى أنبوبة الإمداد ، (ويمكن استخدام « براية أقلام » لاعداد هذا الطرف المسلوب) . ويتدفق الماء فى القنوات بالجاذبية كتيار ضعيف قليل العمق متجها إلى الجانب المنخفض حيث يصب مباشرة فى الخندق . وإذا كان من المرغوب فيه استخدام خزان صغير بدلا من الخندق المجمع فيجب أن يوضع هذا الخزان عند الركن المنخفض من الأرض المستطيلة ، وفى هذه الحالة تصب قنوات الغشاء المغذى فى أنبوبة مجمعة وهذه تصب بالتالى فى الخزان الصغير (شكل رقم ٦) .



شكل رقم (٤) ــ خندق تجميع الماء المنصرف من قنوات
نظام الغشاء المغذى



شكل رقم (٥) ـــ كيفية اعداد أنبوبة البوليثين التى توصل الماء من أنبوبة الامداد إلى داخل القناة



شكل رقم (٦) ــ نظام غشاء مغذى يستخدم أنبوبة تجميع

ومن الضرورى ادخال أنبوبة رجوع فى أنبوبة الإمداد قرب مضخة الدوران حتى يمكن لجزء من الماء الذى ضخ بواسطة المضخة فى أنبوبة الإمداد أن يرجع مباشرة إلى الخندق المجمع دون أن يغرق قنوات الغشاء المغذى ، ويجب تركيب صمام على أنبوبة الإرجاع هذه للتحكم فى معدل ارجاع الماء ولهذه الأنبوبة عدة فوائد :

١ ــ لما كان من الضرورى استخدام مضخة ذات قدرة تزيد عما هو مطلوب لامداد قنوات الغشاء المغذى فالتصرف الزائد يتجه إلى أنبوبة الإرجاع ومنها إلى الخندق .

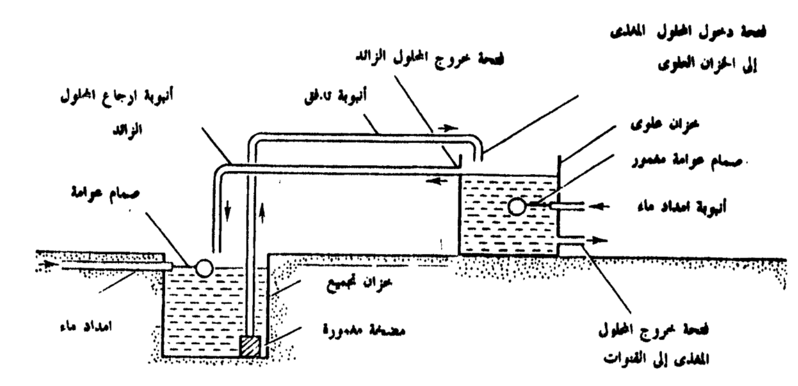
٢ ـــ يمكن التحكم فى الماء المتجه إلى القنوات بضبط صمام الارجاع وكلما زاد التصرف فى الرجوع كلما قل التصرف المتجه إلى قنوات الغشاء المغذى .

٣ ـــ يوضع مخرج أنبوبة الإرجاع أعلى من مستوى الماء فى الخندق حتى يختلط الماء فى طريق سقوطه فى الخندق بالهواء فيزداد محتواه من الأوكسجين .

٤ ـــ يمكن إفراغ الخندق دون التدخل فى دوران الماء مارا بجذور النبات فى قنوات الغشاء المغذى ، بتوصيل خرطوم بنهاية أنبوبة الرجوع وبذا يتجه الماء الراجع من الخرطوم إلى خارج النظام كله وفى هذه الحالة يكتفى بالماء الموجود فى حفرة فى الطرف المنخفض من المصرف لتدوير الماء رغم خلو الخندق نفسه من الماء .

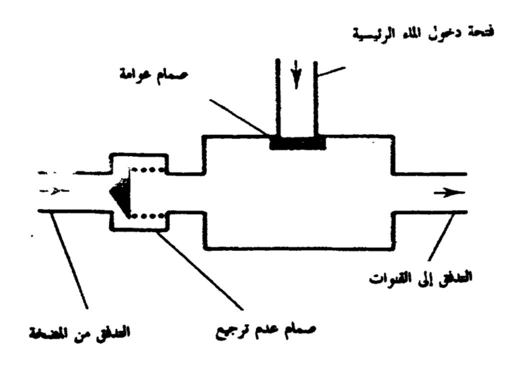
مقارنة التدفق من خزان علوى بالضخ المباشر

اما أن يضخ المحلول المغذى من الخزان المجمع مباشرة إلى فتحات دخول القنوات فى نظام الغشاء المغذى عن طريق أنبوبة الامداد ، أو أن يضخ المحلول المغذى من الخزان المجمع إلى خزان علوى فى مستوى أعلى . ومن هذا الخزان العلوى يتدفق المحلول بالجاذبية الأرضية خلال أنبوبة الإمداد إلى مداخل القنوات . ونظام الخزان العلوى كما هو موضح فى الشكل رقم ٧ يوجد به أنبوبة رجوع من الخزان العلوى مباشرة إلى الخزان المجمع فقد يكون دفع المضخة أكبر مما يسحب من الخزان العلوى خلال أنبوبة الإمداد . واستخدام هذا النظام وسيلة أمان ضد الخلل الذى قد يحدث فى دوران المحلول . فكما يتضح من الشكل يجب أن تكون هناك أنبوبة إمداد للماء تحت ضغط من خزان آخر تدخل الخزان العلوى تحت مستوى سطح المحلول المغذى به . وفتحة هذه الأنبوبة تقفل بصمام عوامة وهى دائما مغمورة فى المحلول .



شكل رقم (٧) — نظام غشاء مغذى يستخدم خزان علوى

وعندما يتوقف ضخ المحلول المغذى إلى الخزان العلوى مع انسياب المحلول خلال أنبوبة الإمداد ينخفض مستوى المحلول المغذى فى الخزان وفى هذه الحالة يفتح صمام عوامة أنبوبة إمداد الماء المضغوط ويتدفق الماء إلى الخزان العلوى . ويتدفق هذا الماء بالجاذبية الأرضية إلى قنوات الغشاء المغذى ثم إلى الخزان المجمع وفى حالة وجود أنبوبة تدفق علوية مثبتة بالخزان المجمع تأخذ الماء الزائد منه لترصله إلى حزان مجاور دائم فإن هذا الماء لا يفقد نتيجة زيادته وفيضانه . وتدفق الماء خلال أنبوبة الإمداد إلى قنوات نظام الغشاء المغذى يحافظ على استمرار نمو المحصول حتى يعود الضخ العادى للمحلول المغذى ويعاد تخزينه . ويجب أن يكون خزان الماء الذى يمد الخزان العلوى بالماء مرتفعا قليلا عن مستوى الخزان العلوى ومتصلا بأنبوبة مياه المدينة العادية . وهناك اعتراض على نظام الخزان العلوى وذلك بسبب زيادة تكاليفه والتعقيد فى الإنشاء .



شكل رقم (٨) — حجرة أمان فى نظام الضخ المباشر للمحلول المغذى .

ويمكن الحصول على الأمان السابق توضيحه فى نظام الخزان العلوى بالسماح بتدفق ماء أنابيب المدينة فى نظام الغشاء المغذى الذى يضخ فيه المحلول مباشرة (بدون نظام الخزان العلوى) . ويمكن توضيح هذه الطريقة فى شكل رقم ٨ . فتثبت حجرة صغيرة فى أنبوبة إمداد المحلول المغذى بين المضخة والقناة الأولى فى نظام الغشاء المغذى والتى فى قمتها فتحة لدخول الماء . وعندما يكون هناك دوران للمحلول المغذى فإن التدفق من المضخة يحفظ الحجرة مملوءة بالمحلول المغذى . ووجود المحلول المغذى فى الحجرة يجعل الصمام فى حالة تمنع دخول الماء من الفتحة العلوية . وعندما يتوقف دوران المحلول المغذى تفرغ الحجرة وينفتح الصمام ويتدفق الماء إلى الحجرة ثم إلى أنبوبة الإمداد فى نظام الغشاء المغذى . ووجود صمام بين الحجرة وأنبوبة التدفق من المضخة يضمن أن الماء يتدفق فقط إلى قنوات الغشاء المغذى .

ترشيح الماء

إذا كان الماء فى نظام الغشاء المغذى خاليا من حبيبات صلبة معلقة به وإذا كانت طريقة إمداد النباتات الصغيرة لا تؤدى إلى تكوين حبيبات صلبة معلقة فى المحلول الدوار فليس من الضرورى ترشيح هذا الماء . والاحتياط الوحيد الذى يجب أخذه فى الاعتبار هو وضع فتحة الدخول لمضخة المحلول الدوار فى المصرف المجمع بعيدا بقدر الامكان عن أى محلول راجع من قنوات نظام الغشاء المغذى إلى المصرف وأيضا يجب أن تكون هذه الفتحة قريبة من سطح المحلول فى المصرف إذ يعمل المصرف فى هذه الحالة كخزان ترسيب . وبذا يؤخذ المحلول الدوار بواسطة المضخة من المحلول الرائق القريب من سطح الخزان . وعلى العموم فإذا كان هناك مشكلة مع الحبيبات الصلبة المعلقة فى المحلول فيجب تثبيت مرشح على نهاية فتحة الأنبوبة التى يطرد منها المحلول الراجع ويفرغ فى المصرف المجمع من خلال المرشح . وإذا كان نظام انشاء قنوات الغشاء المغذى بحيث تفرغ ماءها فى المصرف المجمع مباشرة ، فمن

الضرورى تثبيت مرشح فى نهاية فتحة الطرد أو التفريغ لكل قناة مثل غشاء مسامى من النايلون .

وإذا كان هناك حاجة إلى مزيد من الترشيح فيمكن أن يثبت مرشح فى أنبوبة الإمداد بين مضخة الدوران وفتحة الدخول فى القناة الأولى من الغشاء المغذى بطريقة يمكن إزالته بسهولة وتنظيفه . وفى كثير من نظم الغشاء المغذى لا نحتاج إلى أى ترشيح . فوجود مصرف مجمع يستخدم كخزان ترسيب مع وجود مرشح للمحلول الراجع ومرشح دقيق فى أنبوبة الامداد يصبح من المستحيل حدوث إنسداد فى أنبوبة الدخول لأى قناة تحت أى ظرف من الظروف .

وفى حالة وجود مواد صلبة معلقة فى تكوين المحلول فيمكن استخدام مناخل دقيقة أو الطرد المركزى مع ملاحظة ضرورة تنظيف المناخل بين وقت وآخر فالمواد الصلبة التى تحتجز على المنخل تعوق بمضى الوقت تدفق المحلول خلال المنخل كما يلاحظ أيضا أن أجهزة الطرد المركزى قد تحتوى أجزاء متحركة تتلف بمداومة الاستخدام لذا يجب استبدالها ويوجد نوع من هذه الأجهزة لا يحتوى أجزاء متحركة . ففى غرفة الفصل تتولد دوامة مائية وتزيد سرعة التدفق دخول الأجزاء المعلقة غرفة الفصل وينتج عن ذلك قوة طرد مركزى عالية على هذه الجزيئات فتطرد نحو جدار غرفة الفصل الخارجية وتتجه فى شكل دوامة إلى حجرة التجميع بينما يتجه الماء بعد خلوه من المواد المعلقة نحو أنبوبة الإخراج . ومعاملة ماء الغشاء المغذى قبل استخدامه للتخلص من المواد الصلبة العالقة به يكون ضروريا فقط إذا كان هذا الماء شديد العكارة .

تفريغ نظام الغشاء المغذى

تفريغ نظام الغشاء المغذى عملية سهلة تتم بتوصيل أنبوبة مطاطية بنهاية أنبوبة الترجيع المباشرة ، وبوضع النهاية المفتوحة لهذه الأنبوبة المطاطية فى المصرف يتم تفريغ النظام تلقائيا بدون التأثير على الماء المار بجذور النباتات فى

قنوات الغشاء المغذى . ولما كان جزء من الماء المتدفق من مضخة الدوران يعود عادة إلى الخزان الجامع أو المصرف المجمع عن طريق أنبوبة الترجيع ، فإن هذا الجزء يتخلص منه عن طريق الأنبوبة المطاطية التى وصلت بأنبوبة الترجيع مع ملاحظة قفل الصمام الذى يسمح بدخول الماء لتعويض النقص فى المحلول مؤقتا . وعندما يفرغ النظام تزال الأنبوبة المطاطية من أنبوبة الترجيع وفى نفس الوقت يفتح الصمام الذى يتحكم فى دخول الماء ليجعل الماء يتدفق إلى النظام حتى يملأ مرة أخرى . ولتقليل تأثير التغير فى درجة حرارة الماء المتدفق خلال المجموع الجذرى للنبات يحسن تفريغ النظام فى آخر النهار ثم يملأ مرة أخرى خلال الليل .

دوران المحلول المغذى

يؤدى توقف دوران المحلول فى نظام الغشاء المغذى بسبب ما إلى الإضرار بالنبات القائم . ولو أن بعض المحلول يكون محتجزا فى حصيرة الجذور . وعلى ذلك يمكن للنبات التحمل بعض الوقت حتى يتم إعادة النظام إلى حالته الطبيعية . والمدة التى يمكن للنبات أن يتحمل خلالها توقف دوران المحلول تتوقف على الوقت الذى يحدث هذا التوقف فيه خلال اليوم وفى أى فصل من فصول السنة ونوع المحصول ويتراوح هذا الوقت بين ساعة و ٤٨ ساعة .

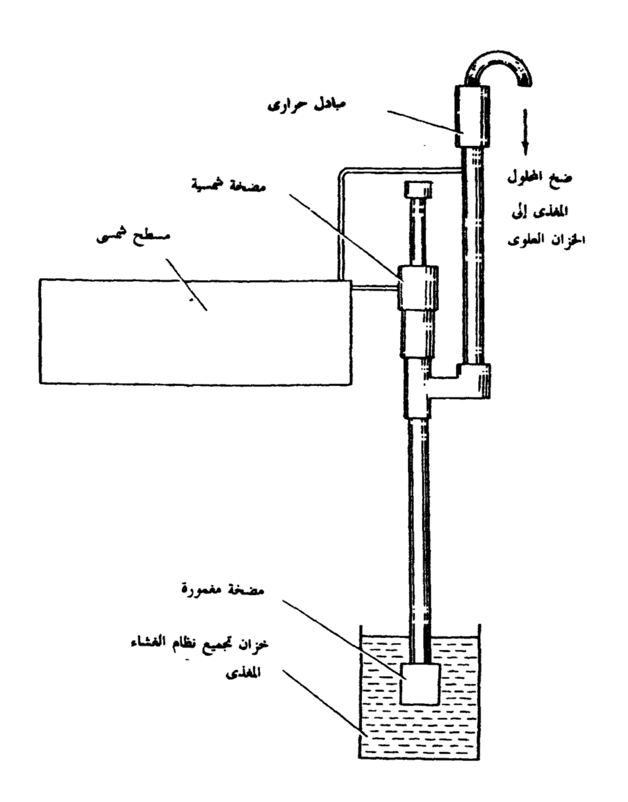
ويفضل وجود نظام يؤدى إلى حدوث إشارة صوتية وضوئية للتنبيه عند توقف دوران المحلول . وإذا لم يوجد هذا النظام فمن الضرورى إجراء مراقبة منتظمة خلال النهار للتأكد من أن الضخ المستمر . وأفضل مكان لوضع الجهاز الحساس الذى سوف يقوم بتشغيل جهاز التنبيه إما أن يكون هو أنبوبة الترجيع المباشر أو أنبوبة التدفق لقنوات الغشاء المغذى . فتدفق المحلول فى هذه الأنابيب سوف يتوقف فى الحال عندما يتوقف الضخ . ويستمر تدفق المحلول فى أنبوبة الصرف أو فى قنوات الغشاء المغذى بعد توقف الضخ بعض الوقت نتيجة الجاذبية . ويتوقف الضخ لأحد سببين ، أولهما ميكانيكى يرجع لمضخة

الدوران والثانى تعطل فى امداد الطاقة . ومن الضرورى وجود مضختين فى النظام واحدة فى الخدمة وأخرى احتياطية . ويتم تبادل الخدمة بين المضخة العاملة والمضخة الأخرى الاحتياطية على فترات يومية أو أسبوعية . ويضمن النظام تشغيل كلا المضختين فضلا عن أنه اختبار لكل منهما . فإذا حدث عطل فى المضخة التى تعمل يمكن إحلالها بالمضخة الاحتياطية . كما يجب أن توجد هناك أيضا مضخة ثالثة يمكن إدخالها فى النظام مكان المضخة التى يحدث لها تعطل حتى يتم إصلاح المضخة المعطلة . وفى حالة توقف عملية الدوران بسبب نقص فى إمداد الطاقة الكهربائية فمن الضرورى وجود مولد للكهرباء (دينامو) يعمل بالبترول أو الديزل صالح للعمل الفورى بمجرد انقطاع التيار الكهربائى . بهذه الاحتياطات فإن عملية الدوران لا يمكن أبدا أن تتوقف .

وإذا حدثت مشكلة أدت إلى توقف دوران المحلول فيمكن انقاذ الموقف بغلق نهايات قنوات الغشاء المغذى فلا يتدفق الماء من فتحاتها النهائية وتملأ القنوات فى هذه الحالة بالماء بواسطة خرطوم حتى العمق الذى تسمح به نهايات القنوات المغلقة . وإذا كان انحدار القنوات شديدا فيجب أن يضاف قليل من الماء فى كل قناة ــ بالدور ــ لنحتفظ بالنباتات حية حتى يتم إرجاع دوران المحلول .

وإذا كانت العمالة رخيصة ومتوفرة يمكن إدارة نظام الغشاء المغذى بدون مضخات دوران أو طاقة كهربائية . فالمحلول المغذى يمكن دفعه بالطرق التقليدية من الخزان المجمع إلى الخزان العلوى **Header tank** ثم يتدفق المحلول من الخزان العلوى بتأثير الجاذبية إلى فتحات الدخول فى قنوات الغشاء المغذى .

وفى المناطق الغنية بالإشعاع الشمسى قد يمكن استخدام مضخات تعمل بالطاقة الشمسية وتتكون من مضخة طرد مركزى متصلة بمحرك كهربائى يغذيه مسطح من السليكون يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية . ولما كان تدفق المحلول من مضخات الطاقة الشمسية منخفضا ــ ١٥٠ لتر/ساعة مع رفع ٧٥ سم . فيمكن استخدام هذه المضخات فقط فى حالة الطوارىء لحفظ



شكل رقم (٩) ــ رسم تخطيطى لمضخة تعمل بالطاقة الشمسية

المحصول لمدة قصيرة أو فى حالة استخدام وحدات الغشاء المغذى فى المنازل .
والشكل رقم ٩ يوضح رسم تخطيطى لمضخة تعمل بالطاقة الشمسية .
ويلاحظ فى الشكل وجود :

١ ــ المسطح Solar Panel .

٢ ــ مضخة شمسية Solar Pump .

٣ ــ مبادل حرارى Heat Exchanger .

٤ ــ مضخة مغمورة فى الخزان المجمع Submerged Pump .

وقامت شركة Mabosum بإنتاج مضخة شمسية ذات قدرة عالية إذ تستطيع ضخ ٤٠ ألف لتر/ساعة بإرتفاع ١٠ م أو ١٠ آلاف لتر/ساعة بإرتفاع ٤٠ م عندما تكون مساحة المسطح الشمسى ١٠٠ م^{٢} ومكونات هذه المضخة هى كما هو موضح بالشكل رقم ٩ .

ويحتوى المسطح الشمسى Solar Panel على سائل يتحول إلى غاز بتعرضه إلى الشمس فيزداد حجمه وضغطه ويدخل الغاز إلى المضخة الشمسية ويرفع مكبسها الذى يدفع المحلول المغذى من الخزان خلال المبادل الحرارى حيث يبرد المحلول المغذى الغاز المستعمل فى رفع المكبس ويتحول الغاز إلى سائل مرة أخرى فيعود إلى المسطح الشمسى ويعود المكبس إلى وضعه الأصلى فى البداية مرة أخرى لتبدأ دورة جديدة وهكذا . وتبدأ المضخة عملها حالما يصل الغاز إلى ضغط حوالى ١٠ كيلو جرام على المتر المربع وتتوقف أتوماتيكيا إذا انخفض الضغط عن ذلك .

سمية المواد المستعملة

من الضرورى أن تكون المواد المستعملة فى إنشاء نظام الغشاء المغذى غير سامة للنباتات . أو بمعنى آخر يجب ألا تكون ذات تأثير ضار للنباتات . وتتراوح درجة السمية للنباتات بين السمية الشديدة فتموت النباتات بسرعة ، ومتوسطة تؤدى إلى انخفاض فى معدل النمو مع مظهر غير عادى . وبين هذين الحدين هناك درجات متفاوتة من الشدة مع ظهور أعراض مختلفة تشمل اصفرار الأوراق جميعها أو أجزاء منها أو موت الأوراق دون أن يموت النبات أو موت أجزاء من الأوراق أو تشوه شكل الأوراق أو سطحها أو لونها

وتكوين ثمار غير عادية . ولا ضرر للنباتات فى حالة استعمال البوليثين Polythene فقط فى مجموعات الغشاء المغذى . كما أنه لم يظهر أى تسمم عند استعمال البولى بروبيلين Polypropylene أو أغشية الـ ABS (الأكريلونيتريل بيوتادين ستيارين Acrylonitrile butadiene styerene) كما أن استخدام أغشية الـ PVC الصلبة (البولى فينيل كلوريد Polyvinil chloride) لم ينتج عنها أى تسمم ولو أنه قد حدث التسمم فى عدد من الحالات التى استخدم فيها غشاء PVC المرن Flexible ولذا ينصح بعدم استخدامه بسبب عدم معرفة مكوناته الأساسية . كما أنه لا يوجد اختبار لسمية مطاط البيوتايل Butyle rubber . وينصح بعدم استخدام المعادن التى تعتبر مصدرا للعناصر النادرة حتى لا يتجمع فيها تركيزات تسبب تسمما للنباتات مثل النحاس . كما يجب ألا تستخدم الأنابيب المجلفنة لأن الزنك يمكن أن يذوب ويسبب تسمما للنباتات . فمجموعة الغشاء المغذى تعتبر نظاما مغلقا ومع استمرار دوران الماء يتزايد تركيز المواد التى تستخلص وتدخل المحلول ويرتفع تركيزها فيه تدريجيا .

ويجب اختبار أى مادة تدخل فى مجموعة الغشاء المغذى مهما كانت صغيرة مادام لا يعرف عنها أنها مأمونة قبل استخدامها . ويتم ذلك بملء عشرة أوعية من البوليثين بالمحلول المغذى (١ لتر لكل وعاء) . ويوضع مسطح من الورق المقوى أو الكرتون على كل وعاء . وفى مركز كل مسطح تعمل فتحة وعلى بعد ٥ سم منها تعمل فتحة أخرى . ثم توضع جذور نبات طماطم صغير فى الفتحة المركزية بحيث يكون الجذر مغمور فى المحلول المغذى . ثم يوضع خرطوم مطاط فى نهايته أنبوبة زجاجية شعرية طولها ٥ سم فى الفتحة الثانية تغمر فى المحلول الغذائى . ثم يوصل أطراف الأنابيب المطاطية بمضخة هوائية . ويمرر الهواء خلال المحلول فى كل وعاء . توضع أجزاء من المواد المراد اختبار سميتها فى خمسة أوعية فقط وتترك الأوعية الباقية بدون هذه المواد .

فإذا كان لا يوجد فرق ظاهر فى نمو البادرات فى الأوعية التى بها المواد المراد اختبارها والتى فى الأوعية بدون هذه المواد فيمكن الاستنتاج أنه لا يوجد تأثير ضار لهذه المواد خلال مدة الاختبار .

قنوات الغشاء المغذى

القنوات العادية (القياسية)

النقطة الأساسية فى إنشاء مجموعة الغشاء المغذى هى توفير مسطح منحدر متجانس ناعم بدون تعرجات . ومن ضمن الوسائل التى تحقق هذا السطح هو تغطية مساحة ذات ميل بواسطة خرسانة (خليط من الرمل والجير والحصى والأسمنت) أو وضع شرائح من الخرسانة على طول صفوف النباتات . وعلى هذا السطح المستوى ، منتظم الانحدار يمكن وضع أى شكل من القنوات المسطحة مثل أى قناة رفيعة من مادة رخيصة مع تيار ضحل من الماء الدوار . كما يمكن استعمال قناة ذات قاعدة متماسكة توضع على أى مكان مائل تمت تسويته لأن قاعدة القناة الصلبة سوف تلغى أثر التعرجات التى قد توجد على المكان المختار .

وأول الشروط الواجب توفرها عند تصميم قناة الغشاء المغذى بصفة عامة هو أن يكون لها قاعدة ذات صلابة كافية حتى لا تتأثر بتعرجات سطح الأرض . كما يجب أن تظل هذه القاعدة صلبة فلا يحدث لها انحناء تدريجيا أو تتشكل حسب التعرجات الموجودة بالأرض . وهذا يعنى أن العديد من مواد البلاستيك لا تصلح لصنع القاعدة . ذلك لأن تدفق الماء البارد سوف يؤدى حتما إلى أن القاعدة تأخذ شكل تعرجات الأرض . وعلى ذلك يجب استعمال المعادن مثل الصلب أو الألمونيوم . كما يجب أن تكون القاعدة مسطحة أو شبه مسطحة فأى انحناء فى مقطع القاعدة العرضى يؤدى إلى زيادة عمق الماء على طول مركز قاعدة القناة . ووجود انحناء خفيف جدا فى مقطع القاعدة العرضى قد يكون له فائدة فالسائل سوف يتدفق إلى أسفل بدون زيادة فى عمقه وبالتالى يستبعد الحاجة لاستعمال مادة مسامية توضع على طول قاعدة القناة .

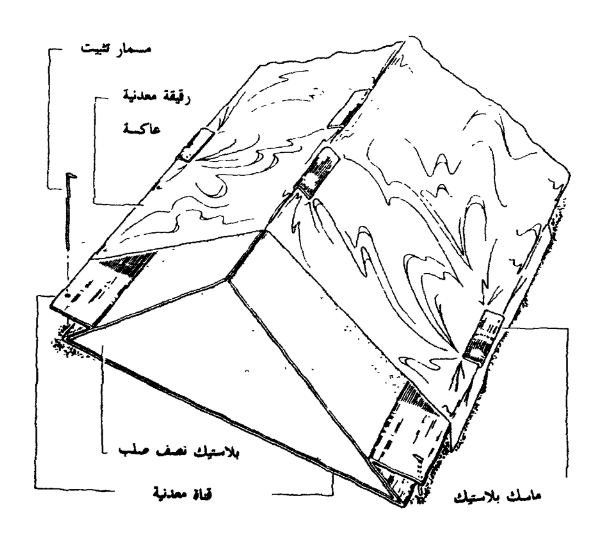
ويجب أن يكون عرض القاعدة كافيا حتى يلائم أغلب المحاصيل التى تنمو فى خطوط بصرف النظر عن غزارة نمو الجذور حتى لا يعوق تدفق تيار الماء الدوار الضحل فيزداد عمق الماء فى القناة .

وعند التعرض لأشعة الشمس الشديدة يجب أن لا تتلف المواد المعرضة لها وتنحل سريعا وعلى سبيل المثال يتلف الكثير من المواد البلاستيكية عند تعرضها لأشعة الشمس نتيجة للأشعة فوق البنفسجية الموجودة فى أشعة الشمس . كما يجب أن نتجنب ارتفاع درجة حرارة القنوات نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس وألا يحدث أى بخر للماء . وتحت الظروف الباردة يجب أن يكون معدل فقد الحرارة من الماء الدوار فى القناة منخفضا . وألا تتعرض القنوات للرياح الشديدة حتى لا تتحرك القنوات من أماكنها . وفى النهاية يجب ألا تكون التكلفة الاقتصادية للقناة عالية بحيث يمكن استعمالها فى الزراعة غير الكثيفة .

وشروط التصميم السابقة لإنشاء قناة الغشاء المغذى موضحة فى شكل رقم ١٠ . فقاعدة القناة يمكن أن تصنع من شريحة رقيقة من الصلب على هيئة لفافة من شريحة مسطحة تبسط على الموقع باستخدام آلة لى بسيطة بعرض القناة (٢٣ سم) وتقطع حسب طول الخط المطلوب .

وللتأمين ضد الرياح فتثبت القاعدة المعدنية فى الأرض بمسامير معدنية ثم تفرد لفافة من البولي بروبيلين الأسود على طول القاعدة المعدنية . وتقطع حسب الطول المطلوب وتدفع داخل القاعدة المعدنية وشكل القاعدة المعدنية سوف يشكل البروبيلين ليأخذ الشكل الموضح فى شكل رقم ١٠ . وعرض شريحة البروبيلين يجب أن تكون بحيث تتلامس حوافه عند وضعها فى القاعدة المعدنية حتى تؤدى إلى تقليل فقد الماء بالبخر من القناة . والزاوية التى تعملها حافة المعدن مع القاعدة سوف تكون حوالى ٣٠° بحيث لا يزيد الارتفاع العمودى من قاع القناة إلى القمة عند نقطة تلامس حواف شريحة البروبيلين عن ٧ سم . وزيادة الإرتفاع العمودى لا يلائم النباتات القصيرة فارتفاع هذه النباتات بالنسبة للارتفاع العمودى فى القناة لا يسمح بوصول أوراقها إلى

ضوء الشمس فوق قمة القناة عندما تكون جذورها في المحلول الدوار . ثم تفرد شريحة معدنية رفيعة على طول جانب واحد من القناة . ويجب أن تزيد هذه الشريحة حوالى ٢ سم عن الحافة العليا للبروبيلين وتثبت فيها . كما تثبت الشريحة المعدنية أيضا فى الحافة المعدنية للقاعدة مع شدها جيدا ليتيسر مرور الهواء فى الفراغ بينها وبين البروبيلين كما هو موضح بالشكل رقم ١٠ وتحمى الشريحة المعدنية البروبيلين ضد الأشعة فوق البنفسجية كما أنها ستعكس أشعة الشمس بينما يعمل الفراغ الهوائى كعازل ضد التوصيل .



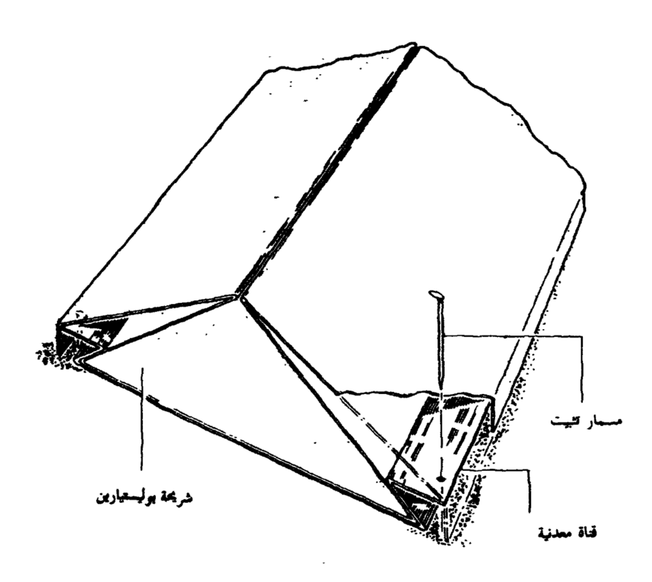
شكل رقم (١٠) ــ قناة نظام غشاء مغذى عادية

وعندما تستخدم القناة فى جو ذى درجة حرارة منخفضة ويصبح من الضرورى تقليل الفقد الحرارى من القناة ، يمكن وضع شريحة من البوليثين ذات سمك ٢,٥ سم تحت القاعدة المعدنية . على أن ذلك غير مرغوب فيه فى حالة المناطق ذات الاشعاع المرتفع حيث يجب تقليل ارتفاع الحرارة داخل القناة إذ يكون من المرغوب فيه تحت بعض الظروف أن تفقد الحرارة بالتوصيل إلى الأرض خلال القاعدة المعدنية .

وقناة الغشاء المغذى التى سبق وصفها يمكن أن تعتبر النوع العادى (القياسى) إذ عند استخدامها على أى سطح متجانس ناعم ذى ميل ، وتحت ظروف الاشعاع الشمسى المرتفع فإنها تقلل ارتفاع الحرارة ، وفى حالة الهواء ذى الحرارة المنخفضة فإنها تقلل الفقد فى الحرارة . كما أنها تمنع أو تقلل فقد الماء بالبخر والصرف ولذلك فهى ملائمة للزراعة فى المناطق الجافة .

أما فى حالة المساحات ذات الاشعاع الزائد حيث يجب الحفاظ على المحلول باردا (أى حيث لا توجد حاجة للتدفئة) فيمكن استخدام تصميم مبسط موضح فى شكل رقم ١١ . فإذا حلت صحائف رقيقة من البوليستيارين المعدن (بلصق رقائق معدنية على السطح الخارجى للبوليستيارين خلال صناعته) محل صحائف البوليبروبيلين فإن ذلك قد يغنى عن استخدام صحائف البوليستر المعدن فى الحماية من الحرارة . ويوفر هذا التبسيط قناة ذات مكونين هما الشريط المعدنى وشريط البوليستيارين ويستغنى عن التعقيدات والعمالة اللازمين لتقطيع صحائف البوليستر المعدنى اللازمة لعكس الحرارة .

أما إذا كانت شدة الاشعاع زائدة فمن الممكن صناعة قناة ذات مكونين فقط هما الشريط المعدنى وشريط رقيق من البوليستيارين المتمدد إذا كان التصميم المستخدم كما هو موضح بشكل رقم ١١ . ويشكل الشريط المعدنى فى موقع القنوات بآلة لى كما سبق الوصف . وتفرد لفافة البوليستيارين سابق الاعداد على طول القاعدة المعدنية وتوضع على القاعدة بحيث تأخذ الشكل

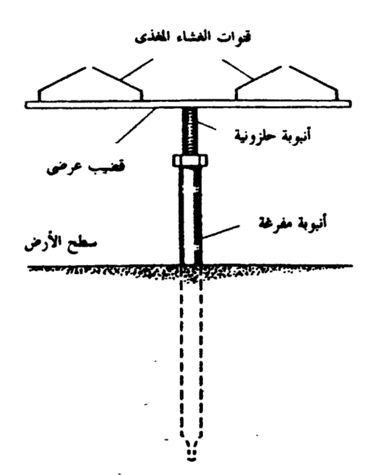


شكل رقم (١١) ــ قناة غشاء مغذى عادية بها حماية ضد الحرارة

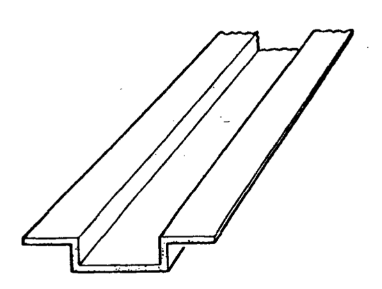
الموضح . ولو أن الجدار الخارجى للبوليستيارين ذا لون أبيض إلا أنه لا يكون عاكسا جيدا كما هى الحال فى السطح المعدنى ، ولكنه لا يتعب عيون العاملين . ومع ذلك فإن فراغ الهواء الذى يوجد بين الجدارين الداخلى والخارجى من البوليستيارين للقناة يقلل من توصيل الحرارة .

ويمكن وضع القاعدة المعدنية لقنوات الغشاء المغذى مباشرة على الأرض بعد أن تسوى لتغطى الانحدار المطلوب . غير أن بعض الظروف قد تجعل من المرغوب فيه أن يوجد فراغ هوائى بين القاعدة المعدنية والأرض . فمثلا فى المساحات ذات الإشعاع العالى حيث يمكن أن ترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى ٦٠°م ، فإن الفراغ الهوائى بين القاعدة المعدنية والأرض يقلل

انتقال الحرارة بالتوصيل . فإذا كان المرغوب فيه رفع قنوات الغشاء المغذى فيمكن وضع القاعدة المعدنية على قضبان عرضية . وتعتمد القضبان العرضية نفسها على أنبوبة رأسية مثبتة فى الأرض . والمسافة بين هذه القضبان العرضية تعتمد على قدرة القاعدة المعدنية على مقاومة الثنى . وتصميم تركيب الدعامات يمكن توضيحه فى شكل رقم ١٢ ولتوازن النظام يجب أن يوجد قناتان على الأقل مرتكزتان على كل قضيب ، قناة على كل جانب من العامود الرأسى ومن الممكن بالطبع وضع أكثر من قناتين ولكن للثبات يجب أن يكون هناك عدد متساو من القنوات على الجانبين فى الوضع العمودى . ويجب أن يكون القضيب العرضى مقاوما للانحناء ولذا فعمقه يجب أن يكون أكبر من عرضه (شكل رقم ١٣) .



شكل رقم (١٢) ــ نظام تثبيت قنوات نظام الغشاء المغذى



شكل رقم (١٣) ــ قضيب عرضى لحمل القنوات

وعند إقامة الدعامات أو مساند القنوات تدفع أنبوبة (ماسورة) معدنية فى الأرض . ويجب أن يكون طرف الأنبوبة مدببا ليسهل نفاذها فى الأرض . ويثبت فى منتصف القضيب العرضى أنبوبة لها قلاووظ خارجى وصامولة ملحقة على القلاووظ . فالجزء المقلوظ من الأنبوبة المثبتة فى القضيب والنافذ من الصامولة يدخل فى داخل الأنبوبة المدفونة فى الأرض . ويمكن إدارة الصامولة إلى أسفل أو أعلى حتى يصبح القضيب على الارتفاع المطلوب عن الأرض . وإذا استخدم قضيب عرضى عريض يمكن أن يثبت عليه عدد أكبر من قنوات الغشاء المغذى وفى هذه الحالة يجب إضافة دعامات أخرى بغرس أنبوبة معدنية فى الأرض عند طرف كل قضيب ويثبت فيها طرف القضيب بواسطة مشبك .

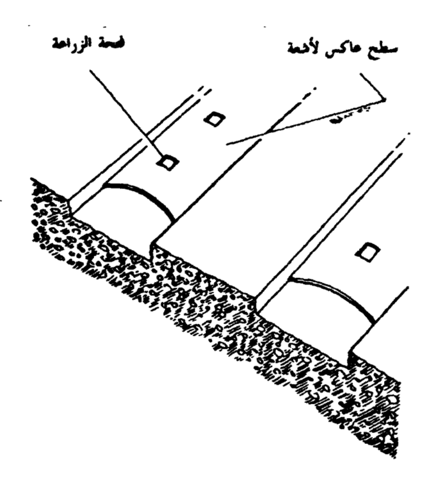
وفى حالة المحاصيل قصيرة الطول يمكن تصميم دعامات عرضية بحيث يمكن استخدام قنوات الغشاء المغذى فوق بعضها . وقد يكون هذا التعدد اقتصاديا عندما تكون الأرض غالية جدا ومغطاة بصوبة وكذا عندما تكون شدة الضوء كافية لتوفير إضاءة مناسبة للأدوار السفلى من المحصول . وقد استخدم هذا النظام فى كاليفورنيا لإنتاج الشليك فى البيوت الزراعية باستخدام القنوات المغذية .

قنوات السطح المجهز

فى تصميم القناة العادية أضيفت قاعدة صلبة كجزء من التصميم . فإذا لم يمكن استعمال هذا النوع من القنوات فمن الضرورى أن يجهز سطح الأرض بحيث يكون ناعما متجانسا ذا سطح منحدر بميل ثابت ولا ينصح باستخدام التربة المضغوطة لأنها سوف تتعرج عندما تبتل ويجب تغطية هذا السطح بطبقة من الرمل والخرسانة أو بألواح من الخرسانة تستقر القناة عليها . غير أن التكلفة العالية تضطرنا للبحث عن طريقة أرخص لمعالجة سطح الأرض بحيث يكون ناعما ماثلا خال من التعرجات . ولذا قام Power (أحد رواد استخدام الغشاء المغذى فى بربادوس) بتغطية المكان المعد للقنوات بالرمل لعمق كاف لإعطاء إنحدار ثابت ثم نشر فوقه طبقه بسمك ١ سم من الرمل الخشن والأسمنت بنسبة ٥ : ١ ثم ترطيب السطح وضغطه بمبطدة (زحافة) وتركه ليثبت ، فحصل على انحدار ناعم ثابت ومن الضرورى أيضا سد الشقوق التى قد تنشأ باليد دون تأخير .

وبفرض أن السطح المناسب قد تم تجهيزه لوضع قنوات الغشاء المغذى فوقه فان تكاليف تجهيز سطح الأرض تكون عالية ولكن تكلفة قنوات الغشاء المغذى تكون منخفضة . أما فى حالة استخدام القنوات العادية فإن تكاليف تجهيز الأراضى أرخص بينما تكاليف القنوات فعالية نسبيا .

وقد قام Ringemans (وهو رائد فى زراعه الخس بانجلترا) بعمل قنوات الغشاء المغذى فى طبقة الخرسانة التى استخدمها فى تغطية الموقع ، ففى كل ٢٣ سم توجد قناة ذات قاع مسطح فى الخرسانة ذات عرض قدره ١٠ سم وعمق ٢,٥ سم . وتوضع فى هذه القنوات مكعبات صغيرة من التربة المضغوطة لتثبيت نباتات الخس الصغيرة . وبعد فترة تنمو الجذور وتخرج من هذه المكعبات إلى داخل القناة التى يدور المحلول فيها وتعتمد النباتات على نفسها .



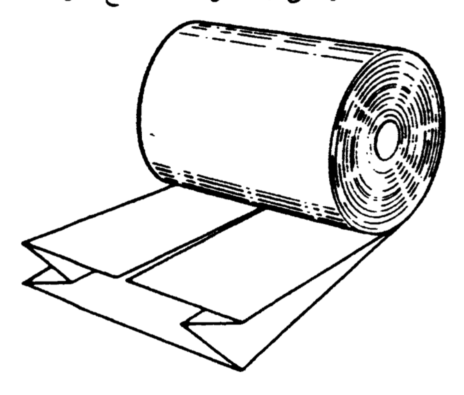


شكل رقم (١٤) ــ قناة فى طبقة خرسانية مغطاة بسطح معدنى عاكس

وبمضى الوقت تنتشر الأوراق على السطح وتكون غطاء على القناة فتمنع أى، فقد من الماء بالبخر كما تقلل الإضاءة فتقتل الطحالب التى تكون قد نمت فى المحلول المغذى الدوار عند تعرضه للضوء . وهذا النظام يناسب الحاصلات التى تغطى أوراقها القناة وكذا فى المواقع التى يكون فيها فقد الماء بالبخر مقبولا ، وحيث يكون تسخين المحلول الذى يتعرض لأشعة الشمس غير شديد . ومن الممكن استعمال مادة معدنية نصف صلبة تنحنى انحناء خفيفاً على السطح العلوى وتكون ذات عرض أكثر قليلا عن القنوات ومدها على طول القناة مع دفع حوافها إلى أسفل فى القناة وتكون مقوسة الشكل قليلا إلى أعلى لأن عرضها أكبر من عرض القناة (شكل رقم ١٤) . ويعكس السطح المعدنى فى المساحات ذات الاشعاع العالى أشعة الشمس كما أن فراغ الهواء سوف يعمل كعازل فى الأماكن الباردة التى يدفأ فيها المحلول كما يتوقف التبخير أيضا . وتثبت النباتات من خلال فتحات فى المادة التى سبق تجهيزها خلال التصنيع .

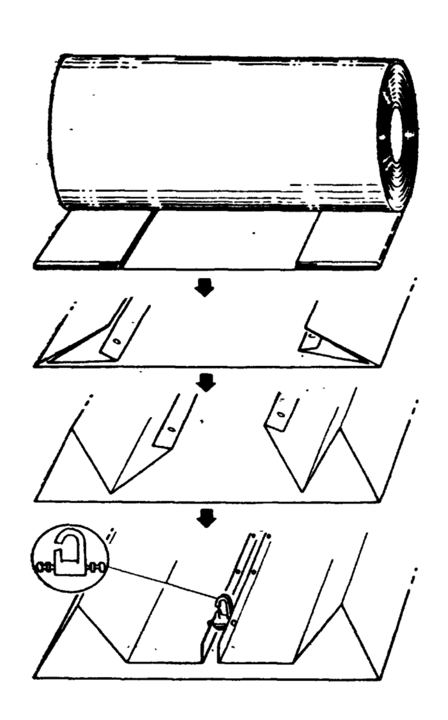
وفى أغلب المواقع ولأغلب المحاصيل يمكن وضع قنوات الغشاء المغذى على سطح الأرض المجهزة ويمكن أن تكون هذه القنوات بسيطة ذات طول قصير نسبيا من البوليثين الأسود بسمك ١٣, ملليمتر الذى يفرد على طول الانحدار . ثم تثبت حواف البوليثين معا بين النباتات عند وضعها فى القناة . ومثل هذه القنوات البسيطة غير عملية فى المناطق ذات الطاقة الشمسية العالية حيث أن المحلول الدوار سوف يصبح ساخنا جدا . وكذا المحلول الذى فى داخل القناة أيضا حتى لو كان لون القناة من الخارج أبيض ومن الداخل أسود . واستخدام هذه القنوات البسيطة لا يصلح فى حالة المحاصيل التى تزرع فى الحقول المفتوحة فى المناطق الباردة إذ يجب تسخين المحلول بسبب المعدل العالى لفقد الحرارة . وفى كلا الحالتين فمن الضرورى تقليل توصيل الحرارة عبر جدران القنوات ويمكن مد شرائح البوليستيارين فى داخل قناة البوليثين وقفلها بنفس الكلبسات التى تمسك القناة .

وتحت ظروف الاشعاع الشمسى العالى فإن البوليثين الخارجى الأسود يمكن إحلاله بالبوليستر المعدنى . فالسطح المعدنى سوف يعطى انعكاسا عاليا لأشعة الشمس ومن ثم تقليل الارتفاع فى الحرارة داخل القناة . كما أن البوليستر لا يتحلل أو يتلف فى الضوء الساطع بينما البوليثين يتأثر ويتلف سريعا جدا بعد مدة من استعماله مما يجعله غير عملى فى المناطق ذات الاشعاع العالى .



شكل رقم (١٥) ـ قناة غشاء مغذى من البوليستر المعدن مطوية

والقناة البسيطة التى سبق وصفها يمكن تحسينها خلال الصناعة . واستخدام أنواع مختلفة ذات طويات تتم خلال صناعتها مثلما هو موضح فى شكل رقم ١٥ . وعندما تفرد تعطى قناة كالموضح فى شكل رقم ١٦ . هذا التصميم سوف يضبط الارتفاع عند وضع مكعب البادرة أو الاصيص فى مكانه داخل القناة . والنقطة الهامة التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار هى أن تجهيز السطوح للاستخدام فى الحقول يجب أن يسمح بحماية القنوات التى توضع على السطح من الرياح . فاستخدام الخرسانة مثلا يجعل توفير حماية القنوات صعبا ما لم يكن هذا الموضوع قد أخذ فى الاعتبار مسبقا .



شكل رقم (١٦) ـــ قناة ذات طويات بارتفاعات رأسية مختلفة عند فردها

وثمة عيب آخر عند تغطية سطح التربة بمساحة كبيرة من الخرسانة فى المناطق شديدة الاشعاع إذ يمكن أن تصبح حارة جدا وتعمل كمخزن للحرارة التى ترفع درجة حرارة المحلول فى قنوات الغشاء المغذى المقامة على الخرسانة . وفى أماكن أخرى من العالم حيث تكون الشمس أقل قوة وسطوعها متقطعا قد

يكون تخزين الطاقة الشمسية ميزة . وبالتوفيق بين استعمال قنوات الغشاء المغذى العادية بقاعدتها المعدنية واستعمال قنوات لينة Flimsy على سطح الأرض المجهز يمكن استعمال قناة لينة Flimsy على قاعدة بوليستيارين متمددة . فسطح الأرض يمهد بحيث يكون لها انحدار متدرج ناعم ويوضع غشاء بوليستيارين طوله ٢ متر وعرضه ٢٥ سم فوق مكان صفوف النباتات . ولنهايات هذه الشرائح « عاشق ومعشوق » بحيث يتداخل الطرفان عند نهاياتهما . ولكل شريحة أيضا إنحناء بسيط على المقطع العرضى ويضمن ذلك أنه عند وضع أو مد القنوات اللينة Flimsy فإن السائل الدوار سوف يتدفق فى مركز القناة بدون زيادة عمق السائل وبالتالى يستبعد الحاجة لاستعمال حصيرة شعرية Capillary matting . وتثبت القنوات اللينة Flimsy وقاعدة البوليستيارين الممدد بالأرض بواسطة وضع قوس ماسك معدنى فوق كل منهما على مسافات .

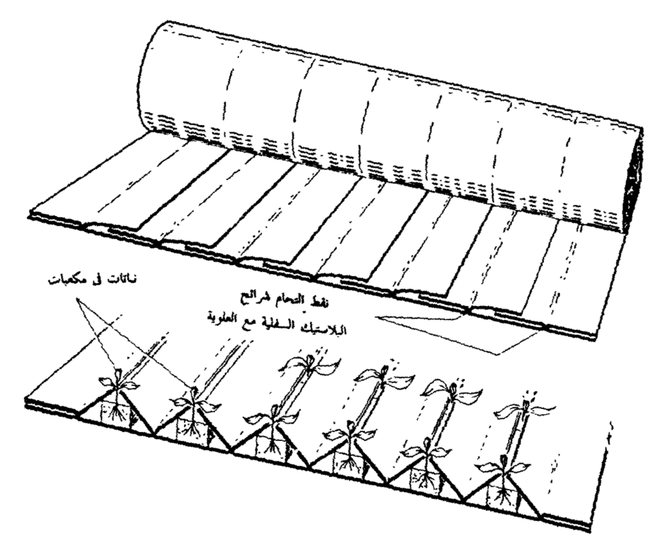
القنوات المتعددة

قناة الغشاء المغذى العادية التى سبق وصفها عبارة عن خط قناة مفرد . وتستخدم هذه القناة فى حالة المحاصيل التى تزرع على مسافات متقاربة . وفى حالة الضرورة يمكن أن تلامس القنوات بعضها . والبديل بالنسبة للحاصلات متقاربة المسافة هو نظام القنوات المتعددة الذى يخفض التكلفة كما فى شكل رقم ١٧ . يتكون هذا النظام من شريحة (قاعدة) بلاستيكية مسطحة عليها شرائح من البلاستيك مثبتة (ملحومة) على طول خطوط مركزها . وعرض شرائح البلاستيك أكبر من المسافة بين الخطوط المركزية ولكنها أقل من ضعف المسافة بين هذه الخطوط وهذا سوف يؤدى إلى ثلاث نتائج :

١ ــ أن القنوات المتعددة المصنعة ستكون مسطحة ويمكن لفها بسهولة ونقلها من المصنع إلى المزرعة .

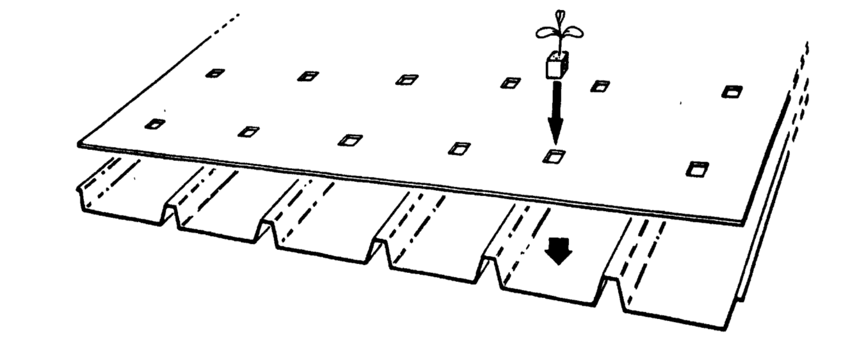
٢ ــ عندما توضع النباتات ترفع جوانب القنوات نتيجة لوجود النباتات وتحتضن سيقان النباتات .

٣ ـ لا يوجد روابط عرضية فى القنوات تعطل ميكنة عمليات المحصول



شكل رقم (١٧) ـ قنوات متعددة مرنة يمكن طيها

ويعمل هذا النظام كمسطح لاستقبال الطاقة الشمسية وهو ما يعطيه مميزات فى بعض الأجزاء من العالم مثل انجلترا ولكنه لا يصلح فى المناطق ذات اشعاع شمس عال ولكن يمكن استخدامها فى هذه المناطق لو كان السطح العلوى لشرائح البلاستيك عاكسا لأشعة الشمس، أو مكون من رغوه بلاستيكية لزيادة العزل ضد نقل الحرارة بالتوصيل . كما يوجد نظام قنوات متعدد مختلف تماما يمكن تنفيذه إذا استخدمت مواد صلبة كما هو موضح فى شكل رقم ١٨ ويتكون من شريحة صلبة مكونة من قنوات متوازية ذات قاع



شكل رقم (١٨) ــ قنوات متعددة صلبة ثابتة

مسطح مشابهة لشريحة متعرجة من الأسبستوس . ذات غطاء يوضع على قمة الشريحة المتعرجة . ولهذا الغطاء فتحات فى صفوف تلائم خطوط القنوات مسطحة القاع . وتوضع المكعبات التى تثبت النباتات الصغيرة فى فتحات الغطاء . ومرة أخرى فإنه فى المناطق ذات الإشعاع العالى فإن الغطاء العلوى يجب أن يكون عاكسا للأشعة وعازلا للحرارة .

وأحد عيوب استخدام هذه القنوات الصلبة هو صعوبة نقلها وتداولها . بينما استخدام مواد مرنة يمكن لفها وبذا يمكن نقل أطوال كبيرة منها . وأيضا عند عمل وصلات من القطاعات الصغيرة الصلبة لتكوين قناة طويلة فإن كل وصلة تمثل احتمال فقد الماء الدوار منها ما لم تبطن بطبقة من غشاء البوليثين .

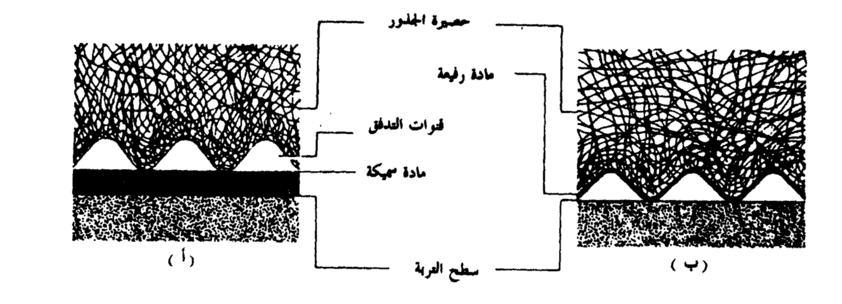
ويمكن استخدام القنوات المتعددة الصلبة بنجاح عندما يكون طول الخط هو طول اللوح المستخدم ــ أى خط قصير . والخطوط القصيرة ذات فائدة فى الأجواء الحارة عندما يكون من الضرورى وقف ارتفاع درجة حرارة المحلول . والتكلفة الرأسمالية للخطوط القصيرة عالية عن الخطوط الطويلة لأنها تستلزم أنابيب إمداد طويلة بالنسبة لمساحة محصول معين .

معدل التدفق وميل القناة

عند استخدام نظام الغشاء المغذى فى انتاج الحاصلات يجب التأكد أن عمق المحلول الدوار لا يزيد عن عدة ملليمترات قليلة حيث يكون معظم حصيرة الجذور النامية فى قناة الغشاء المغذى فوق سطح السائل . ويتوقف عمق السائل فى القناة بالنسبة لمحصول معين على المادة المستخدمة فى صنع القناة وميل القناة ومعدل تدفق المحلول فى القناة . ويجب أخذ هذه العوامل الثلاثة فى الاعتبار لإيجاد تيار ضحل من المحلول الدوار فى القناة .

١ ــ المادة المستخدمة فى عمل القنوات

العامل الأساسى هو سمك المادة المصنوعة منها القناة فإذا كان السمك على سبيل المثال ٢٥, ملليمتر (تحدث الحالة الموضحة بشكل رقم ١٩ ا) ،



شكل رقم (١٩) ـــ التصاق وعدم التصاق البلاستيك بقاعدة حصيرة الجذور

فالجذور الفردية التى تكون حصيرة الجذور ذات مقطع دائرى وتكون قاعدة هذه الحصيرة « مبرومة » Convoluted وتتراكم الجذور على السطح الناعم للبوليثين متوسط الصلابة وتؤدى التواءات قاعدة الحصيرة المبرومة إلى وجود قنوات مفتوحة يتدفق خلالها تيار ضحل من المحلول وعلى ذلك فإن معظم المحلول سوف يتدفق تحت حصيرة الجذور . غير أنه لو كان البوليثين المستعمل فى عمل قنوات الغشاء المغذى رقيقا جدا فإنه يلتصق بقاع حصيرة الجذور بسبب التوتر السطحى . وبذلك لا تتكون قنوات التدفق كما هو موضح فى شكل ١٩ ب) . فتدفق المحلول فى هذه الحالة سوف يكون خلال حصيرة الجذور بسبب عدم قدرته على التدفق تحتها . وينتج عن ذلك أن حصيرة الجذور تزيد تعطل التدفق ويزداد بالتالى عمق السائل فى القناة . ولذا يجب ألا يقل سمك غشاء البوليثين عن ١٣, ملليمتر أو يكون البوليثين بطانة لبعض المواد الأخرى الأكثر سمكا .

ب — ميل القناة

الحد الأدنى للميل هو حوالى ١٪ . وقد قارن Spensely تأثير درجات ميل ١ فى ٢٠٠ ، ١ فى ١٠٠ ، ١ فى ٥٠ ، ١ فى ٢٥ على انتاج الطماطم بنظام الغشاء المغذى وحصل على أوزان المحصول الآتية بالكيلو جرام لكل متر مربع وهى : ٢٧,٠ ، ٢٩,٥ ، ٢٩,٩ ، ٢٩,٥ ويتضح من ذلك أن الصرف السريع السهل هو الأفضل وعلى ذلك فالميل الأشد هو الأفضل . والحقيقة أنه لا يوجد حد أعلى للميل .

أمكن انتاج المحاصيل فى قنوات عمودية كما سيأتى توضيح ذلك . وتحت الظروف العادية فإن الاعتبارات العملية قد توجد حدا أعلى (مثل قدرة الآلات) .

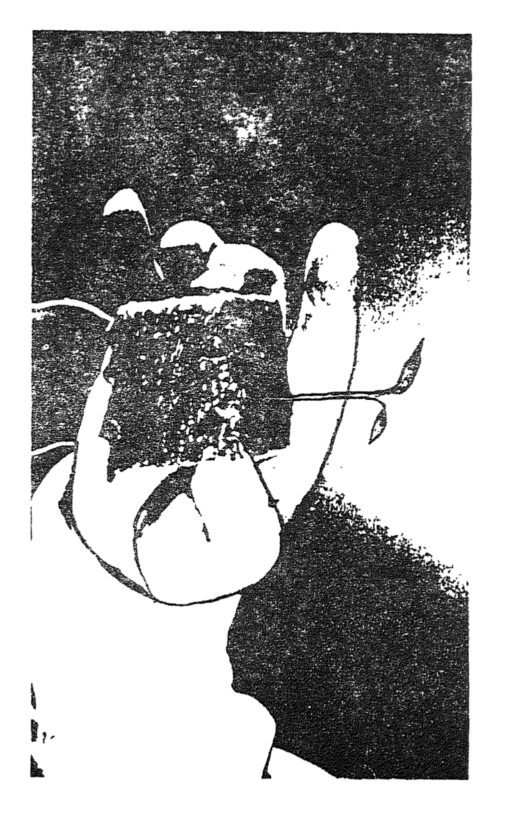
حـ — معدل تدفق المحلول إلى القناة

فى حالة محصول معين ينمو فى قنوات مصنوعة من مادة معينة وذات ميل معين يكون معدل التدفق الداخل الأسرع هو الأفضل مع الأخذ فى الاعتبار أن عمق السائل المتدفق يجب ألا يزيد عن ملليمترات قليلة . فمعدل التدفق المناسب الداخل إلى القناة يكون حوالى ٢ لتر فى الدقيقة . بحيث يكون المحلول الخارج من فتحة الخروج إلى خزان التجميع عبارة عن تيار مستمر . بينما يتحول إلى قطرات متقطعة إذا كان معدل تدفق المحلول الداخل منخفضا .

وكوسيلة عملية لتحديد معدل التدفق المناسب يلاحظ المحلول الخارج من كل قناة فإذا كان تيارا مستمرا يتحول إلى قطرات منفصلة إذا خفض معدل التدفق قليلا اعتبر هذا المعدل ملائما .

تثبيت النباتات الصغيرة فى القنوات

تواجه مستخدمى القنوات العادية مشكلة عند وضع شتلات النباتات القصيرة وذلك لأن وضعها بحيث تكون الأوراق الأولى فى الضوء يؤدى إلى أن جذورها لا تصل إلى المحلول المغذى فى قاع القناة وإذا وضعنا الجذور فى الماء لا تصل الأوراق إلى الضوء لقصر النبات . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بغرس البذرة أو وضع الشتلة الصغيرة فى مكعبات من مادة امتصاصية ذات حجم يسمح للنبات الصغير فى هذا المكعب بأن يكون فى الضوء فوق القناة بينما مكعب الامتصاص نفسه يوصل الماء إلى الجذور (شكل رقم ٢٠) .



شكل رقم (٢٠) — بادرة طماطم في مكعب من مادة امتصاصية

وبنمو النبات تصل جذوره إلى القاع (قاع القناة) وتكوّن حصيرة تنمو فى الماء المتدفق . وعلى ذلك فالمكعب ذو فائدة فقط عندما يكون النبات صغيرا .

واستخدام مكعبات الامتصاص يعارض المبدأ الأصلى لتقنيات الغشاء المغذى الذى يعتمد على تنمية النباتات دون أى بيئة صلبة لنمو الجذور ولهذا السبب يجب أن يكون حجم هذا المكعب صغيرا بقدر الإمكان . ولازلنا فى حاجة إلى دراسة أفضل المواد التى تصنع منها مكعبات النمو ، والحجم والشكل المناسبين لهذا الغرض ولا نستطيع أن نصف شيئا من ذلك (نوع المادة أو حجمها أو شكلها) بأنه نموذجى . وليس من الضرورى أن يكون الشكل المثالى لمادة التثبيت هو المكعب . فقد يكون شكل السيجارة السميكة أفضل إقتصاديا وتسمح بإنبات أسرع ومثل هذا الشكل يكون أقل ثباتا عن المكعب ولكن السطح العلوى للقناة العادية يمسك بها بقوة توفر لها الثبات . ويزداد ثبات النبات كلما زاد نمو حصيرة الجذور . ويجب أن تسمح المادة المصنوع منها هذه المثبتات بنقل البادرات بسهولة وأن تكون لينة مسامية سهلة التشكيل وذات مرونة تضمن تثبيت النبات . ويجب أن لا تكون سعتها المائية كبيرة حتى لا توجد ظروف غدقة حول الجذور وفى نفس الوقت تكون قادرة على امتصاص كمية كافية من الماء حتى يتكون نمو جيد للجذور . كما يجب الا يكون سطحها العلوى زائد الابتلال لأنه فى حالة بعض أنواع النباتات التى لها شعيرات على الساق يمكن أن يتحرك المحلول الغذائى مسافة قصيرة إلى أعلى الساق فى النباتات الصغيرة وتضر مراكز النمو . ويجب أن تكون المادة خاملة من الناحية الغذائية (أى لا تحتوى عناصر مغذية للنبات) وخالية من الأمراض والكائنات الحية . ومن المواد التى تتصف بهذه الصفات هى ٥ سم^{٣} من الصوف الصخرى . والصوف الصخرى يتكون من صخر البازلت المصهور والمعامل بحيث يصبح ليفيا مساميا لينا ويمكن استخدام مكعبات ذات طول ٥ سم منه . كما يمكن استخدام حبيبات الطين التى تحرق بطريقة تؤدى إلى تمددها واحتوائها على فراغات هوائية . فعند ملء أصص صغيرة قطرها ٥ سم وجوانبها وقاعها شبكية بحبيبات الطين المتمدد حول النبات الصغير فإن النبات يصبح ثابتا .



مكعبات الصوف الصخرى أو بوضع الجذور العارية للبادرات مباشرة فى قنوات الغشاء المغذى . حيث أن جذور البادرات العارية تكون طويلة بدرجة تكفى لجعل الأوراق فى الضوء . وقد أمكن الحصول على نتائج مشابهة فى محصول الخيار كما هو موضح فى جدول رقم ١١ .

جدول رقم ١١ : تأثير البيئة المحضرة لتثبيت بادرات الخيار فى قنوات الغشاء المغذى على عدد ثمرات الخيار لكل نبات فى فترة الحصاد الأولى (٥٨ يوم)

البيئـــة	عدد الثمار لكل النبات
أص من الورق قطره ١١ سم مملوء بمخلوط من الطمى والبيت والرمل	٢٥
أص مكعب (٤ سم) من البيت مملوء بمخلوط من الطمى والبيت والرمل	٢٤
حبيبات طين متمدد فى إص قطره ٥ سم	٢٣
جيفى ٧	٢٢
جذور عارية للبادرات	١٩
مكعب صوف صخرى (٥ سم)	١٥

استعمال حصيرة شعرية فى القنوات

عندما توضع قناة الغشاء المغذى على السطح المجهز لها أو عندما توضع قناة الغشاء المغذى العادية ذات القاعدة الصلبة فى موقعها ، يكون من الصعب التأكد من عدم وجود انخفاض طفيف بعرض القناة . وتجنب الانخفاض العرضى للقناة يتم عندما تظل فقاعة ميزان الماء فى وسطه عندما يوضع هذا الميزان عموديا على عرض القناة . فإذا لم تكن فقاعة ميزان الماء فى وسط الميزان عندما يتدفق المحلول المغذى الدوار فى القناة ، تدفق المحلول فى جانب واحد من القناة تاركا معظم عرض القناة جافا مما يؤدى إلى ذبول النباتات بسبب نقص

الماء . وحتى إذا كان الماء يتدفق قرب مركز قاعدة القناة فإنه يصبح تيارا ضعيفا بسبب التوتر السطحى بين السائل والبلاستيك سوف يؤدى هنا إلى نقص الماء لبعض النباتات مما يؤدى إلى موتها .

وبمجرد نمو الجذور عبر عرض القناة فإنها تعمل كسدود صغيرة تكون كافية لنشر المحلول الدوار عبر عرض القناة . وحتى يحدث ذلك فإنه يمكن استعمال بعض المواد لنشر المحلول . وأهم طريقة تستعمل هى فرد مادة امتصاصية رفيعة مثل لفة ورق تواليت على طول القناة وتغطية قاعدتها . ومن الضرورى أن تكون المادة المستعملة غير سامة أولها تأثير ضار على نمو النبات . كما يمكن وضع حاجز عرضى من بعض الألياف يعمل كسد صغير جدا . والمادة المستخدمة تستعمل فقط لعدة أسابيع . وعندما تنمو الجذور عبر القناة فلا تكون هناك حاجة لهذه المواد . ومن المهم أن هذه المواد لا تكون كتلة جيلاتينية تغطى الجذور أو تكون مادة غذائية للميكروبات المرضية . كما يجب ألا تطرد مع الماء وتسد الأنابيب أو المرشحات .

ولا داعى لتغطية كل قاعدة قنوات الغشاء المغذى بالحصيرة المسامية فشريط ضيق من الحصيرة بعرض أقل من ٥ سم يوضع عبر عرض القناة عند موقع كل نبات هو المطلوب ، إلا أن وضع هذه الشرائط بهذه الطريقة مكلف بالنسبة للعمالة ومن الأسرع فرد شريط مستمر على طول القناة وهذا يقلل من تكاليف العمالة .

استهلاك النباتات من الماء فى نظام الغشاء المغذى

المعلومات المتاحة عن استهلاك الحاصلات النامية فى نظام الغشاء المغذى للماء قليلة . وقد تم قياس مقدار استهلاك الماء بمحصول الطماطم المزروع فى نوفمبر بنظام الغشاء المغذى تحت صوبة فى جنوب انجلترا من أوائل شهر ديسمبر إلى أواخر مايو عند خمس درجات حرارة للمحلول مع التحكم فى درجة حرارة الهواء طول اليوم بالتسخين والتهوية الأتوماتيكية بحيث تكون ٢٠ ــ ٢٥°م . ويوضح جدول رقم ١٢ استهلاك الماء عند حرارة المحلول ٣٢°م باللتر لكل نبات فى اليوم لمتوسطات أسبوعية . وبسبب تاريخ الزراعة

لهذا المحصول فإن هناك زيادة تلقائية فى حجم النبات والاشعاع الشمسى الكلى . ويتضح من الجدول رقم ١٢ أنه كلما زادت هذه العوامل زاد معدل استهلاك الماء . ويزداد الاستهلاك المائى بزيادة درجة حرارة المحلول . ومتوسط الاستهلاك المائى معبرا عنه كنسبة مئوية من الاستهلاك المائى عند درجة حرارة محلول قدرها ٣٢°م كان كما يلى : عند درجة ٢٩°م ، ٢٦°م كان ٩٠ ، ٨٠٪ على التوالى . وعند درجة ٢٣°م كان ٧٧٪ وعند درجة ٢٠°م كان ٦٤٪ . وفى نهاية مايو كان أعلى استهلاك مائى أمكن الحصول عليه هو ١,٦ لتر/يوم عند أعلى درجة حرارة لكل نبات .

جدول رقم ١٢ : الاستهلاك المائى الأسبوعى لنباتات طماطم منزرعة فى شهر نوفمبر بصوبة زراعية بشمال انجلترا
(درجة حرارة المحلول المغذى ٣٢°م)

نهاية الأسبوع	الاستهلاك المائى (لتر فى اليوم لكل نبات)	نهاية الأسبوع	الاستهلاك المائى (لتر فى اليوم لكل نبات)
١٢ ديسمبر	,١٧	٦ مارس	,٦٣
١٩ ديسمبر	,١٧	١٣ مارس	,٦٧
٢٦ ديسمبر	,٢٢	٢٠ مارس	,٨١
٢ يناير	,٢١	٢٧ مارس	,٩٠
٩ يناير	,٢٦	٣ أبريل	,٩١
١٦ يناير	,٢٩	١٠ أبريل	,٩٥
٢٣ يناير	,٣٤	١٧ أبريل	١,٠
٣٠ يناير	,٤٢	٢٤ أبريل	١,٢
٦ فبراير	,٤٥	١ مايو	,٩٦
١٣ فبراير	,٥٧	٨ مايو	,٨٨
٢٠ فبراير	,٦١	١٥ مايو	١,٤
٢٧ فبراير	,٥٧	٢٢ مايو	١,٢١
		٢٩ مايو	١,٥٨

تقنية الغشاء المغذى كطريقة للرى

يوجد ثلاث طرق أساسية لرى المحاصيل هى :

١ ــ **الرى بالغمر** : وفى هذه الطريقة يحدث فقد بالبخر من سطح الماء فى قنوات الرى ومن سطح التربة المبتل . وفى الأراضى جيدة الصرف يفقد الماء أيضا عن طريق الرشح

٢ ــ **الرى بالرش** : وفى هذه الطريقة يفقد نسبة من الماء عن طريق البخر قبل أن يصل الماء إلى الأرض . وبعض الماء سوف يسقط على الأوراق وهذا يساعد على مزيد من الفقد بالبخر ويفقد جزء من الماء الذى يصل إلى سطح التربة أيضا بالبخر من سطح التربة الرطب . وفى الأراضى جيدة الصرف يمكن أيضا أن يحدث فقد لجزء من الماء . ولكن هذا الجزء يمكن تقليله عن طريق إحكام الرى .

٣ ــ **الرى بالتنقيط** : وهى أكفأ الطرق فلا يوجد بها فقد عن طريق الصرف والفقد عن طريق البخر من سطح التربة قليل لأن السطح المبتل صغير نسبيا .

ويتشابه نظام الزراعة بالغشاء المغذى مع نظام الرى بالتنقيط إذ أن فقد الماء عن طريق الصرف والبخر معدوم تقريباً .

ويوجد مع الرى بالتنقيط عدد كبير من المنقطات (منقط لكل نبات غالبا) وفتحات هذه المنقطات صغيرة لتعطى الماء ببطىء . وبالتالى يجب ملاحظة هذه المنقطات باستمرار وتسليك أى انسداد يحدث بها . أما فى نظام الغشاء المغذى ففتحات خروج الماء قليلة إذ يوجد فتحة واحدة لكل صف لدخول الماء وقطر هذه الفتحات أكبر من قطر فتحة المنقطات فى نظام الرى بالتنقيط ومعدل التدفق منها أعلى ولهذا السبب فنادرا ما يحدث انسداد لهذه الفتحات .

موجودة فى الهواء بالرغم أنه مبتل فإنه يوجد هواء متاح للمجموع الجذرى . وعلى ذلك فشرط البراعة فى إحكام الرى مستبعد .

وحيث أنه لا يوجد احتمال تراكم الأملاح بصفة مستمرة فى تقنيات الزراعة بالغشاء المغذى فإنه يمكن استخدام سوائل الصرف الصحى كمصدر للماء وللعناصر الغذائية فى هذا النظام .

نز الجذور وتثبيت النيتروجين

منشأة الغشاء المغذى نظام مقفل بمعنى أن أى مادة تنز (تخرج) من الجذور النباتية سوف تبقى فى الماء الدائر وتكون قابلة لاعادة امتصاصها بالمجموع الجذرى لو كانت هذه المادة قابلة للامتصاص ـــ أما زراعة الحاصلات بالتربة فهى نظام مفتوح إذ أن الجذور تنمو تاركة منطقة النز السابقة والمواد النازة تبقى فى التربة فى موقعها وقد يعاد امتصاص قليل من المواد النازة من الجذور .

ومن المعروف أن النباتات تنز مركبات عضوية من جذورها . فعند تعريض الأوراق لثانى أكسيد الكربون المحتوى على ك ـــ ١٤ المشع وجد هذا الكربون المشع فى المحلول المحيط بجذور بادرات القمح بعد ٥ ساعات . ومن المعروف أيضا أن النباتات قد تمتص مركبات عضوية من خلال جذورها مثل الخردل Mustard والقمح والشعير التى تمتص الأحماض الأمينية ، كما تمتص جذور الذرة والطماطم الفوسفور العضوى . ومن التجارب باستخدام المركبات العضوية التى تسبب تشوه النمو اتضح أن النباتات قادرة على امتصاص المركبات العضوية النازة (الخارجة) من الجذور من نفس الصنف أو الأصناف الأخرى . وقد تعمل المواد الخارجة من جذور النباتات كمنظم للنمو ويتضح ذلك من قدرة المواد الخارجة (النازة) من جذور نباتات الذرة الرفيعة Sorghum على اسراع إنبات البذور الساكنة dormant لنبات Striga hermonthica وكذا تنشيط نمو الجذور المقطوعة للذرة والبسلة Peas . كما

أتضح أن المواد الخارجة من الجذور تعمل كمنظم للنمو بتركيزات شديدة الانخفاض إذ أن حامض الاكليبيك Eclepic acid الخارج من جذور الطماطم ينشط فقس حويصلات الديدان الأرضية عند وجوده بتركيزات تصل إلى ١ فى ١٠ مليون . وقد أتضح أن نمو النبات يمكن أن يتأثر بنواتج جذور نبات آخر من نفس الصنف وبالطبع بنواتج جذور نفس النبات . كما أن حامض ترانس ــ سيناميك Trans-cinnamic acid الناز (الخارج) من جذور نباتات الجوايول Guayule الكبيرة تقلل نمو نباتات الجوايول Guayule الصغيرة . كما أن نواتج جذور نوع ما من النبات يمكن أن تؤثر على نمو نوع مختلف آخر من النبات . وعلى سبيل المثال فإن جذور شجر الجوز Walnut تخرج مواد تسبب ذبول Wilt باتات الطماطم .

وفى نظام الغشاء المغذى لو تم نز (اخراج) النيتروجين من جذور النباتات التى تثبت النيتروجين فمن الممكن أن يحمل بالمحلول الدائر لمحصول آخر فى جزء آخر فى نفس المنشأة . وعلى هذا فمن الممكن تحديد أمثل نسبة من النباتات المثبتة للنيتروجين إلى النباتات الغير مثبتة للنيتروجين لتوفير إمداد مناسب للنيتروجين . وهذا سوف يوفر مصدرا رخيصا من النيتروجين . والدراسات الأولية التى أجريت حول هذا الموضوع هو تلقيح المحلول الدائر فى نظام الغشاء المغذى بالبكتريا المثبتة للنيتروجين (دراسات Dinesh Balsaver بالهند) .



الباب الرابع

خدمة نظام الغشاء المغذى

متابعة وضبط المحلول المغذى

- درجة حموضه المحلول المغذى
- درجة تركيز المحلول المغذى
- التحكم الأوتوماتيكى لدرجة الحموضة والتركيز
- دوران المحلول المغذى
- حرارة المحلول المغذى

متابعة الحالة الغذائية للنباتات

- تشخيص نقص العناصر المغذية
- تحليل الأنسجة النباتية

البيوت الزراعية

اعداد الشتلات

- زراعة الأنسجة

الإصابة بالأمراض ومكافحتها



متابعة وضبط المحلول المغذى

المحلول المغذى هو الذى يمد النباتات بالعناصر المغذية الضرورية ، وعندما يتم تحضيره يتصف بدرجة حموضة معينة تلائم النباتات ، وتركيز معين ناتج عما أذيب فيه من عناصر فى صورة أملاح .

وبمضى الوقت ونمو النبات فى هذا المحلول تخرج الجذور ثانى أوكسيد الكربون وبعض المركبات العضوية تكون نتيجتها تغير درجة حموضة المحلول مما قد لا يلائم النبات أو تتأثر قدرته على امتصاص العناصر المغذية ، كما أن تركيز هذه العناصر أيضا يتغير نتيجة لامتصاص النبات النامى لها .

من أجل ذلك تعتبر متابعة درجة حموضة المحلول (رقم الـ pH) وتركيز الأملاح به واعادتها إلى ما كانا عليه فى البداية أمرا حاسما يتوقف عليه نجاح الزراعة أو اخفاقها .

ويرتبط بهذه المتابعة ارتباطا وثيقا الاطمئنان إلى مداومة دوران المحلول . فما لم يستمر هذا الدوران يقل الأوكسجين بالمحلول ولا يستطيع النبات النمو .

وفى حالة تدفئة المحلول تصبح مداومة متابعة درجة حرارة المحلول أمرا ضروريا . وقد أشرنا إلى أهمية متابعة وضبط درجة حرارته عند وصف نظام الغشاء المغذى .

درجة حموضة المحلول المغذى

رقم الـ pH

لدرجة حموضة المحلول المغذى أهمية كبيرة وقد سبق أن أوضحنا أن زيادة الحموضة تضر النبات النامى فى قنوات الغشاء المغذى أو فى غيرها من وسائل الزراعة بدون أرض . والواقع أنه من المعروف حتى فى الزراعة بالتربة أن التربة ذات الحموضة الزائدة ضارة بالنبات وفى نفس الوقت إذا قلت حموضة المحلول

إلى درجة زائدة يصبح المحلول قلوى التأثير . وللقلوية أيضا تأثير ضار على نمو النباتات . ومن أجل ذلك كان من الضرورى متابعة درجة حموضة أو قلوية المحلول طوال فترة نمو النبات وضبطه عند درجة حموضة ملائمة للنبات . ويتم ذلك بقياس ما يسمى رقم الـ pH وهو تعبير ذو دلالة على تركيز الهيدروجين بالمحلول يستنتج من انحلال الماء إلى هيدروجين (H^+) وهيدروكسيل (OH^-) ويعبر عن تركيز الهيدروجين بلوغاريتم مقلوب تركيزه فى المحلول .

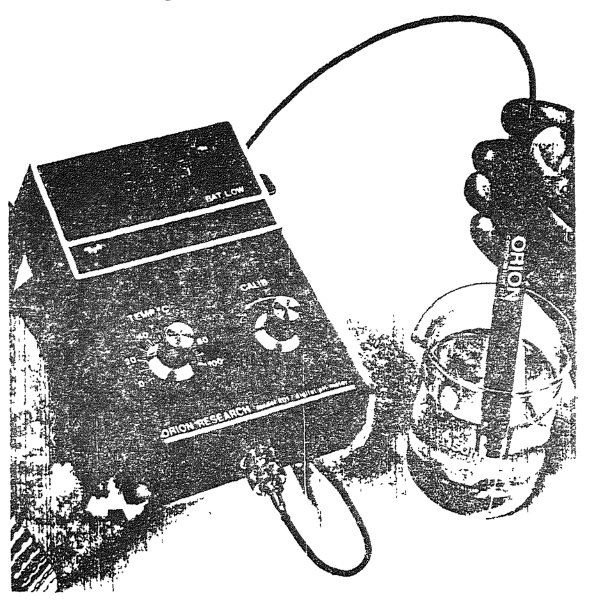
وفى حالة التعادل أى عندما يكون تركيز الهيدروجين مساويا لتركيز الهيدروكسيل فى الماء النقى يكون رقم الـ pH مساويا ٧ أى أن لوغاريتم مقلوب تركيز الهيدروجين فى هذا الماء المتعادل هو ٧ . وبزيادة الحموضة يزداد تركيز الهيدروجين فيقل الـ pH عن رقم ٧ بقدر ما تزيد الحموضة وفى نفس الوقت يقل تركيز القلوية (OH^-) . وعلى ذلك فالمحلول ذو رقم pH مساوٍ ٥ ذو حموضة أعلى من المحلول ذى رقم pH مساوٍ ٦ .

ويمثل رقم الـ pH أيضا الأس السالب لتركيز الهيدروجين . فرقم pH مساوى ٥ يعنى أن تركيز الهيدروجين بالمحلول هو ١٠$^{-5}$ مول/لتر . ورقم pH مساوى ٦ يعنى أن تركيز الهيدروجين بالمحلول هو ١٠$^{-6}$ مول/لتر وبذا نستطيع أن نستنتج أن حموضة المحلول ذى رقم pH مساوى ٥ تعادل ١٠ مرات قدر حموضة المحلول ذى رقم pH مساوى ٦ .

قياس الـ pH

أبسط طريقة لقياس رقم الـ pH هى استخدام شريط ملون من الورق يتغير لونه تبعا لـ pH المحلول (أو تركيز أيونات الهيدروجين) فى السائل الذى تغمس فيه . وبمقارنة لون الورقة الرطبة مع الألوان القياسية ، فإن قيمة الـ pH المقابلة للون المقارب للون الورقة الرطبة هى رقم pH السائل . واستخدام هذه الطريقة لقياس pH المحلول المغذى للمحاصيل النامية بطريقة الغشاء المغذى ليس دقيقا بدرجة كافية . وتوجد طريقة بسيطة أخرى ولكنها أكثر دقة . وهى طريقة استخدام أدلة الـ pH السائلة والتى يتغير لونها تبعا لقيمة الـ pH .

فيؤخذ عينة من المحلول المغذى وتوضع فى أنبوبة اختبار ويضاف إليها نقطة من الدليل ، فيتلون السائل فى أنبوبة الإختبار ويقارن اللون الذى يظهر عندئذ مع الوان قياسية ، وقيمة الـ pH المقابلة هى قيمة pH السائل .



شكل رقم (٢١) ـ جهاز قياس الـ P H للمحلول المغذى

وأفضل الطرق بالنسبة لنظام الغشاء المغذى هى استخدام أجهزة قياس الـ pH النقالى وهى صغيرة الحجم وتعمل بالبطارية وذات الكترود يوضع فى عينة من المحلول المغذى(شكل رقم ٢١)وعند مرور التيار الكهربائى تتحرك ابرة

أو مؤشر الجهاز على تدريج الـ pH لتبين قيمة pH السائل . ومن الضرورى أن يكون لدى المزارع جهاز لقياس الـ pH من هذا النوع حتى لو كان لديه تحكم أوتوماتيكى لـ pH المحلول فى نظام الغشاء المغذى وذلك لأن أحسن أجهزة التحكم الأوتوماتيكى يحدث لها أعطال . ومن المهم عند استخدام الأجهزة الأوتوماتيكية عمل قياسات مستقلة بين وقت وآخر للـ pH للتأكد من أن جهاز التحكم الأوتوماتيكى يعمل بكفاءة .

ضبط الـ pH

يجب ألا يرتفع رقم pH المحلول المغذى لأغلب أنظمة الغشاء المغذى عن ٦,٥ وألا يقل عن ٦ . فإذا ضبط pH المحلول يدويا فيجب أن يقاس يوميا . وإذا كان مصدر الماء حامضى التأثير (بدرجة كافية) فإن الـ pH سوف ينخفض — أما إذا لم يكن حامضيا بدرجة كافية فإن الـ pH سوف يرتفع . وإذا ارتفع الـ pH إلى ٦,٥ — فيجب أن يضاف حامض للمحلول لخفضه إلى ٦ . وإذا انخفض الـ pH عن ٦ فيجب أن تضاف كمية كافية من القاعدة للمحلول لرفع الـ pH إلى ٦,٥ .

والحامض مادة تتأين عند إضافتها للمحلول المغذى لتعطى أيونات هيدروجين . وعلى سبيل المثال يتأين حمض النيتريك (HNO_3) إلى H^+ ، NO_3^- . أما القاعدة فهى مادة تعطى عند تأينها أيونات هيدروكسيل . وعلى سبيل المثال يتأين هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) إلى K^+ ، OH^- .

واصطلاح « قوى » أو ضعيف تشير إلى درجة تأين تلك المواد . وعلى سبيل المثال ، فحامض الهيدروكلوريك (HCL) يعتبر حامضا قويا لأنه يتأين بدرجة ١٠٠٪ فى المحلول المخفف . بينما حامض الخليك ضعيف حيث يحدث له تأين بدرجة ٤٪ فقط .

وجهاز التحكم الأوتوماتيكى يراقب باستمرار التغير فى الـ pH ويحقن الحامض أو القاعدة أوتوماتيكيا للحفاظ على قراءة الـ pH كما هى مسجلة فى

جهاز التحكم . ولأغلب الحاصلات فى أنظمة الغشاء المغذى يجب أن يكون الـ pH ٦,٥ .

والأحماض المناسبة للاستخدام فى ضبط pH المحلول هى حامض الفوسفوريك (H_3PO_4) وحامض النيتريك (HNO_3) . أما القاعدة المناسبة للاستخدام فهى هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) .

وفى حالة وجود كمية من الكالسيوم فى الماء المستخدم لعمل المحلول المغذى يفضل استخدام حامض النيتريك عن حامض الفوسفوريك . وذلك لأنه فى حالة إستخدام حامض الفوسفوريك سوف تحتاج إلى كمية منه أكبر مما لو استخدمنا حامض النيتريك . وكمية الحامض المطلوبة فى هذه الحالة سوف تقدر على أساس كمية بيكربونات الكالسيوم [$Ca\ CHCO_3$] الموجودة لأن كلا من حامض النيتريك والفوسفوريك سوف يتفاعل مع بيكربونات الكالسيوم كما فى المعادلات التالية :

$$Ca(HCO_3)_2 + 2\,HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2\,CO_2 + 2\,H_2O$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2\,H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 2\,CO_2 + 2\,H_2O$$

ومن المعادلات السابقة يتضح أن كلا الحامضين ينتج ثانى أكسيد الكربون والماء ، ولكن فى حالة حامض النيتريك تتكون نيترات الكالسيوم الذائبة بينما مع حامض الفوسفوريك يتكون فوسفات الكالسيوم غير الذائبة وهى راسب أبيض لا قيمة غذائية له . لهذا فإنه يحدث نقص غذائى فى الفوسفور بصفة أساسية إذ لا يحدث هذا التفاعل إلا فى وجود زيادة من الكالسيوم . والراسب المتكون لا يسبب مشاكل ميكانيكية مثل اعاقة حركة أو سريان المحلول . وقد قيل إن الراسب غير الذائب سوف يسد فتحات مرور الهواء فى الجذور . غير أن ذلك لم يثبت وأمكن الحصول على محصول جيد من الطماطم باستخدام ماء يحتوى ١٠٠ جزء فى المليون من الكالسيوم واستخدام حامض الفوسفوريك فى ضبط رقم pH المحلول . وفى هذه الحالة سوف نحتاج إلى كمية من الحامض أكثر عند استخدام حامض الفوسفوريك للتحكم فى الـ pH عن تلك المطلوبة

إذا استخدمنا حامض النيتريك . وبالاضافة إلى ذلك يجب أن يؤخذ فى الاعتبار أمان التشغيل عند اختيار الحامض الذى سوف يستخدم فى ضبط pH المحلول . فحامض النيتريك المركز حارق جدا بينما حامض الفوسفوريك غير حارق كما أن التكاليف والمزايا والعيوب الكيماوية يجب أيضا أخذها فى الاعتبار . وعموما ليس هناك حامض كامل الصفات والاختيار عادة يكون بين حامض الفوسفوريك والنيتريك ولكل منهما مزايا وعيوب عند الاستخدام .

ويمكن استخدام حامض الكبريتيك ($H_2 SO_4$) أيضا وهو مثل حامض النيتريك قوى حارق . وقد عملت تجربة مقارنة فى كلية الزراعة بويلز (انجلترا) بين نظامين من الغشاء المغذى للطماطم مع اجراء ضبط الـ pH بحامض الفوسفوريك وحامض الكبريتيك . فكان وزن المحصول لكل نبات ٤,٨ كيلو جرام فى حالة استخدام حامض الفوسفوريك و٤,٤ كيلو جرام فى حالة استخدام حامض الكبريتيك . وقد لوحظ فى المرحلة الأولى أن نمو النباتات لم يكن جيدا عند استخدام حمض الكبريتيك .

ولكى نفهم لماذا نحتاج إلى حامض الفوسفوريك أكثر من حامض النيتريك عند وجود بيكربونات الكالسيوم فى المصدر المائى ، فمن الضرورى فهم معنى كل من المحلول الجزيىء (المولر) ، المحلول العيارى والمكافىء الهيدروجينى لحامض .

الجزىء أو « المول » (Mole) هو كتلة (وزن) المادة التى يساوى وزنها الوزن الجزيىء وعادة يعبر عنه بالوزن الجزيىء الجرامى . وعلى سبيل المثال فالوزن الجزيىء لحامض النيتريك (HNO_3) هو مجموع أوزان الذرات المكونة له .

$$HNO_3 = 1 + 14 + (16 \times 3) = 63$$

لهذا فالوزن الجزيىء الجرامى = ٦٣ جرام .

والمحلول الجزيىء (المولر) Molar Solution يحتوى على الوزن الجزيىء

الجرامى (١ مول) من المادة مذابا فى ١ لتر من المحلول . وعلى هذا فالمحلول المولر من حامض النيتريك والذى حجمه ١ لتر يحتوى على ٦٣ جرام من حامض النيتريك .

والمكافىء الهيدروجينى للمادة Hydrogen equivalent للمادة هو عدد ذرات الهيدروجين القابلة للاحلال فى جزيىء واحد منها . ففى حالة حامض النيتريك (HNO_3) يكون المكافىء الهيدروجينى واحد .

والمحلول العيارى يحتوى على الوزن الجزيىء الجرامى من المادة المذابة لكل لتر من المحلول (المحلول المولر) مقسوما على المكافىء الهيدروجينى . ولأن المكافىء الهيدروجينى لحامض النيتريك واحد فإن المحلول العيارى لحامض النيتريك يحتوى الوزن الجزيىء الجرامى فى اللتر مقسوما على واحد . لهذا فالمحلول المولر والمحلول العيارى لحامض النيتريك يحتوى كل منهما على نفس الكمية من حامض النيتريك فى اللتر . ولكن المكافىء الهيدروجينى لحمض الفوسفوريك (H_3PO_4) يكون ٣ والوزن الجزيىء الجرامى لحمض الفوسفوريك = ٩٨ جرام وعلى هذا فإن المحلول العيارى يحتوى فقط ٣٢,٧ جرام (٩٨ ÷ ٣) حمض فوسفوريك فى اللتر بينما المحلول الجزيىء (المولر) يحتوى ٩٨ جرام .

ويستخدم أيضا اصطلاح آخر للتعبير عن تركيز المحلول . فواحد ملليجرام لكل لتر هو نفسه ١ جزء فى المليون لأنه يوجد ١٠٠٠ ملليلتر فى اللتر الواحد . لهذا فإن محلول مليمولر من كربونات الكالسيوم [$Ca(HCO_3)_2$] سوف يحتوى على ٤٠ جزء فى المليون من الكالسيوم لأن الكالسيوم وزنه الذرى يساوى ٤٠ .

وبيكربونات الكالسيوم فى المصدر المائى كما سبق شرحه سوف يتفاعل مع حامض النيتريك كما فى المعادلة التالية :

$$Ca(HCO_3)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$$

وطبقا للتعريف السابق فإن واحد ملليلتر من محلول عيارى من حامض النيتريك يحتوى على واحد ملليجزىء جرامى (مليمول) من حامض النيتريك ولهذا ففى المعادلة السابقة يتفاعل واحد مليمول من بيكربونات الكالسيوم مع ٢ ملليمول من محلول عيارى لحامض النيتريك .

وحمض النيتريك سائل له كثافة نوعية ١,٤٢ وبمعنى آخر فهو أثقل من الماء بمقدار ١,٤٢ مرة . وكل ١ ملليلتر من الحامض يزن ١,٤٢ جرام . وكما شرحنا سابقا فالمحلول العيارى يحتوى فى كل لتر على الوزن الجزيىء الجرامى من المادة مقسوما على المكافىء الهيدروجينى . ولحمض النيتريك كما أظهرنا سابقا يحتوى ٦٣ جرام . وحيث أن وزنه النوعى ١,٤٢ فيكون هذا الوزن مساويا ٤٤ مل (٦٣ ÷ ١,٤٢) وعلى ذلك فلتحضير محلول عيارى من حامض النيتريك يلزمنا ٤٤ ملليلتر من الحامض تكمل إلى لتر واحد بالماء . وبمعنى آخر فهو محلول ٤,٤٪ . وهذا معناه وجود ٤٤ ملليلتر من الحامض فى ١٠٠٠ مل من المحلول .

أما الماء النقى الخالى من كربونات الكالسيوم فإن كمية الحامض المطلوبة لضبط الـ pH عند ٦ تكون قليلة وتكون فى حدود ١ ملليلتر من محلول عيارى لحامض النيتريك لكل ١٠٠٠ لتر من الماء فى نظام الغشاء المغذى .

وعلى هذا وكما شرحنا سابقا فإن كمية الحامض المطلوبة لضبط الـ pH تقدر عن طريق كمية الكالسيوم فى الماء ــ وكلما زاد محتوى الكالسيوم كلما زادت كمية الحامض المطلوبة . وعلى هذا فالاحتياجات الحامضية يمكن حسابها من محتوى الكالسيوم كالآتى :

إذا استخدم محلول عيارى من حامض النيتريك فإن الجزء فى المليون من الكالسيوم فى المصدر المائى يجب أن يقسم على ٢٠ ليعطى عدد الملليمترات من الحامض المطلوبة لكل لتر . والرقم ٢٠ مشتق من حقيقة أن كل ١ ملليمول من كربونات الكالسيوم يحتوى على ٤٠ جزء فى المليون كالسيوم والتى سوف

تتفاعل مع ٢ ملليلتر من حامض النيتريك العيارى . لهذا فإن ١ ملليلتر من الحامض سوف يتفاعل مع ٢٠ جزء فى المليون من الكالسيوم . وعلى ذلك فإن قسمة عدد الأجزاء فى المليون من الكالسيوم فى المصدر المائى على ٢٠ يعطى عدد الملليمترات من حامض النيتريك العيارى المطلوبة لكل لتر .

وإذا استخدمنا حامض الفوسفوريك فإن بيكربونات الكالسيوم فى المصدر المائى سوف تتفاعل مع الحامض كما فى المعادلة التالية :

$$Ca(HCO_3)_2 + 2H_3PO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$$

وقد أوضحنا سابقا أن المحلول العيارى من حامض الفوسفوريك تحتوى على $\frac{1}{3}$ الكمية فقط من حمض الفوسفوريك الموجودة فى المحلول الجزيىء (المولر) . ولأن المكافىء الهيدروجينى ٣ ، لهذا فللتفاعل مع ١ ملليمول من بيكربونات الكالسيوم يلزمنا ٦ ملليلتر من محلول عيارى لحامض الفوسفوريك . والاحتياجات الحامضية باستخدام حامض الفوسفوريك تحسب كما فى حالة حامض النيتريك ولكن تضرب فى ٣ . مثال ذلك ، إذا كان الماء يحتوى على ١٠٠ جزء فى المليون من الكالسيوم فإن حجم حمض النيتريك العيارى اللازم لكل ١٠٠٠ لتر من المحلول فى نظام الغشاء المغذى يكون :

$$\frac{١٠٠}{٢٠} \times ١٠٠٠ = ٥٠٠٠ \text{ ملليلتر} = ٥ \text{ لتر}$$

بينما حجم حمض الفوسفوريك العيارى اللازم يكون :

$$\frac{١٠٠}{٢٠} \times ١٠٠٠ \times ٣ = ١٥٠٠٠ \text{ ملليلتر} = ١٥ \text{ لتر}$$

وحامض الفوسفوريك سائل كثافته النوعية ١,٧٥ وهذا يعنى أن كل ١ ملليلتر من حامض الفوسفوريك يزن ١,٧٥ جرام . وكما شرحنا سابقا فالمحلول العيارى يحتوى على الوزن الجزيىء من المادة لكل لتر مقسوما على المكافىء

الهيدروجيني لها (٣٢,٧ جرام) ولأن كثافته النوعية ١,٧٥ فهذا الوزن يساوى ١٩ ملليلتر (٣٢,٧ ÷ ١,٧٥) وعلى هذا فلتحضير محلول عيارى من حامض الفوسفوريك يلزمنا ١٩ مل من الحامض تكمل إلى حجم نهائى لتر بالماء المقطر . معنى ذلك أنه محلول ١,٩٪ لأنه يوجد ١٩ ملليلتر من الحامض فى ١٠٠٠ ملليلتر من المحلول . وهذا الحامض بسبب طبيعته غير الحارقة فاستخدامه مأمون ولو كان مركزاً فلا داعى لتخفيفه . أما استخدام حامض النيتريك فيجب الحرص عند استخدامه فرذاذه يسبب حروق بالملابس وآلام شديدة بالجلد . وإذا لامس العيون فإنه قد يؤدى إلى ضرر مستديم للبصر . كما أنه يعطى دخانا يسبب تسمما إذا استنشقه العامل وتزداد خطورته أن من يستنشقه لا يشعر بأى ضيق وقت استنشاقه .

ويرد حامض النيتريك عادة معبأ فى أوعية من الزجاج أو البلاستيك ويخزن فى مبنى مهوى معزول على أرضية من مادة غير عضوية مثل الطوب أو الحجر .

ويفرغ الحامض من أوعيته بواسطة سيفون من الحديد غير قابل للصدأ أو بواسطة مضخة خاصة . ويجب أن يكون العامل بعيدا قدر الإمكان عن الوعاء الذى يفرغ فيه الحامض حتى لا يتعرض لرذاذه أو للأبخرة المتصاعدة منه . ويجب أن يقوم بالتفريغ عاملان أحدهما يحمل وعاء الحامض والآخر يقوم بالتفريغ ومن الضرورى أن يلبسا فوطة وقفازا وأحذية وبنطلونات لا تتأثر بالحامض . ويجب أن يحتوى مخزن حامض النيتريك قدرا وافرا من مسحوق الطباشير أو كربونات الكالسيوم لاستخدامها لمعادلة أى رذاذ أو حامض . وكذا يجب أن يكون بالمخزن حنفية وخرطوم لغسيل موقع الرذاذ ولا يستخدم القماش قط ويجب توفر وسائل الاسعاف الأولى مثل حوض غسيل العين مع ماء مقطر وكذا زجاجة غسيل العين ملأى بمحلول بوريك ملحى .

وعند تجهيز محلول مخفف من حامض النيتريك حجمه مثلا ١٠ لتر من الحامض التجارى ٧٠٪ فى ١٦٠ لتر من الماء ، يجب أن يغطى الخزان الذى

سوف يحتوى على الحامض المخفف بغطاء ذى ثقب يدخل منه الحامض المركز خلال أنبوبة وثقب آخر يوضع به أنبوبة لسحب الدخان خارج المبنى . ويقوم العاملون وهم بملابس واقية ـــ بملأ الخزان جزئيا بالماء اللازم ثم يضاف الحامض .

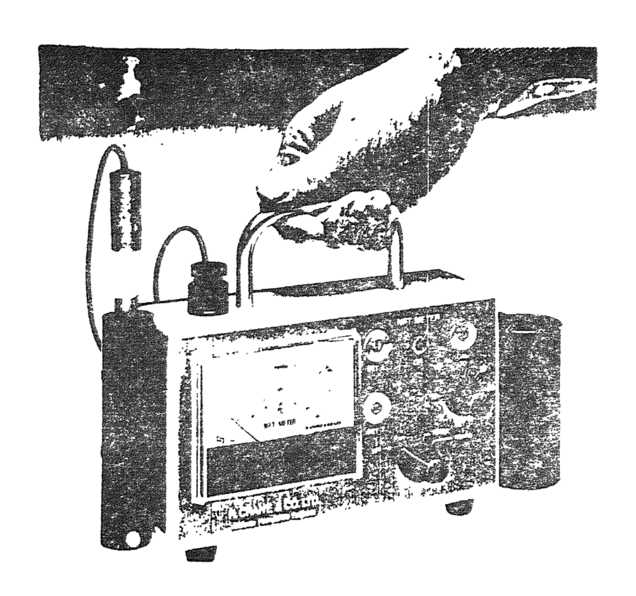
وعندما يكون مصدر الماء المحلى زائد الحموضة فيجب اضافة هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) لرفع الـ pH للقيمة المطلوبة . وهيدروكسيد البوتاسيوم يمكن الحصول عليه فى شكل كرات ويمكن تحضير محلول ٥٪ بوزن ٥٠ جرام من كرات هيدروكسيد البوتاسيوم واذابتها فى ٩٥٠ ملليلتر . وعلى هذا الأساس يمكن تحضير حجم كبير أو صغير من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم حسب الكمية المطلوبة .

وإذا كان الماء المستخدم فى ضبط المحلول المغذى مخزنا فى خزان بالموقع فمن الضرورى معالجة هذا الماء بضبط رقم pH عند ٦,٠ بإضافة الحامض أو القلوى .

ضبط تركيز الأملاح بالمحلول المغذى

من المعروف أن العناصر المغذية للنبات فى نظام الغشاء المغذى تذاب فى الماء . ويمكن تقدير تركيز العناصر الغذائية فى المحلول بقياس قدرة الماء على توصيل التيار الكهربى ، إذ يزداد التوصيل الكهربائى كلما زاد تركيز المواد المذابة فى المحلول . ويعرف المحلول الذى له القدرة على توصيل التيار الكهربى بالإلكترولايت . وتقاس مقاومته للتوصيل الكهربى بوحدات الأوم . وقدرته على التوصيل تعرف بالتوصيل الكهربائى وهو مقلوب المقاومة . ووحدات قياس التوصيل تعرف بالموه mho . والتوصيل الكهربائى للالكتروليتات عادة يعبر عنه بالملليمور/سم (٠٠١, موه) أو الميكروموز/سم (١ × ١٠ ^٦^ موه) . فمثلا ٢ ملليموز/سم تعادل ٢٠٠٠ ميكروموز/سم . وقد استبدلت وحدات الموه mho بوحدات سيبين Sieben و ١ ملليموه/سم = ١ ديسى سيبين/م ds/m = ! mmoh/cm .

يعبر عن التوصيل الكهربائى أيضا بمعامل التوصيل Conductivity Factor (CF) لتجنب استخدام الأرقام العشرية فى حالة استخدام الملليموز أو الأرقام الكبيرة فى حالة الميكروموز . فالتوصيل الكهربائى ٢ ملليموز/سم أو ٢٠٠٠ ميكروموز/سم هو نفسه معامل توصيل (CF) مقداره ٢٠ . وجهاز قياس الـ CF المتنقل والذى يعمل بالبطارية متاح ومتوفر تجاريا . وهذه الأجهزة صغيرة فى حجم راديو الترانزستور ولها الكترود حساس يوضع فى عينة المحلول المغذى (شكل رقم ٢٢) . وعند مرور التيار الكهربى من البطارية خلال المحلول يتحرك المؤشر فى الجهاز على التدريج وعند ثباته فإنه يشير إلى قيمة CF للمحلول المختبر . ومن الضرورى وجود جهاز قياس CF من هذا النوع حتى فى حالة استخدام وحده رصد وتحكم أتوماتيكية للتوصيل الكهربائى لأن القياس المستقل للـ CF مطلوب كوسيلة للتأكد من كفاءة الأجهزة الأوتوماتيكية .



شكل رقم (٢٢) ــ جهاز قياس التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى

جودة الماء

فى بداية تشغيل وحدات الغشاء المغذى تملأ بالمحلول . ويفقد الماء باستمرار من النظام أساسيا عن طريق أوراق النبات بعملية النتح . ويجب أن يظل حجم الماء ثابتا بالاحلال الأتوماتيكى للماء المفقود . ويتم ذلك عن طريق صمام فى الخزان الجامع Cetchment tank الذى يسمح بتدفق الماء إلى داخل نظام الغشاء المغذى من مصدر خارجى عند الحاجة .

ويحتوى الماء على مواد مذابة فيه تختلف طبيعتها وكميتها حسب المكان . فإذا لم يمكن إزالة هذه المواد من الماء بامتصاص النبات لها بمعدل أسرع من إضافتها مع الماء (الذى يعوض النتح) ، فإن تركيزها فى الماء الدائر فى نظام الغشاء المغذى سوف يزيد حتى يصل تركيز أحد الأيونات به إلى حد ضار بنمو النبات وقد يصل إلى التركيز السام .

وكلوريد الصوديوم أحد المواد التى كثيرا ما تسبب مثل هذه المتاعب . وتحتاج معظم النباتات إلى قليل من أيون الصوديوم وقليل جدا من أيون الكلوريد للنمو . فإذا كان كلوريد الصوديوم موجودا بكثرة فى الماء المحلى local water فسوف يزداد تركيزه . وقد أوضح Spenseley أن الحد الأعلى لتركيز كلوريد الصوديوم فى الماء المستخدم الذى لا يسبب ضررا هو ٣٠ جزء فى المليون غير أنه لا يوجد معلومات كافية متعلقة بهذه المشكلة . ومن الصعب بالمعلومات المتاحة حاليا أن نحكم من التحليل الكيميائى لأى ماء على صلاحية هذا الماء لنظام الغشاء المغذى . ويوضح جدول رقم ١٣ بعض المواد المذابة التى قد توجد فى ماء أحد الآبار ذى درجة حموضة (pH) = ٦,٨ ومعامل توصيل CF = ١ ومستخدم فى الزراعة بنظام الغشاء المغذى فى آلاسكا Alaska . فتركيز المواد المذابة منخفض بحيث يمكن القول بثقة إن هذا ماء نقى ومثالى لنظام الغشاء المغذى . فمن مثل هذا التحليل لا توجد صعوبة للحكم على صلاحية الماء . فرغم عدم ملحيته إلا أنه يحتوى على كمية كافية من الزنك بحيث لا يحتاج إلى إضافة أى مزيد من الزنك إلى هذا الماء عند استخدامه فى نظام الغشاء المغذى . ويوضح جدول رقم ١٤ مثالا آخر لماء أرضى له pH يساوى ٧,٢ و CF يساوى ٨ وهو يأتى من تلال جيرية Chalk hills ويستخدم فى نظام الغشاء المغذى فى انجلترا . وأهم خواص هذا الماء احتواؤه على تركيز عال من الكالسيوم ــ حوالى ١٢٢ جزء فى المليون . ومع ذلك لم يسبب هذا الارتفاع فى تركيز الكالسيوم أى مشكلة فى تقنيات الغشاء المغذى . ويكفى محتواه من الزنك (٥, جزء فى المليون) احتياجات المحاصيل من هذا العنصر بدون أى إضافة . ومحتوى البورون ٤, جزء فى المليون من المحتمل أنه يكاد

يكون كافيا ولا يحتاج إلى إضافة من البورون . وبالرغم من أن هذا الماء ليس عذبا مثل ماء ألاسكا إلا أنه مناسب لتقنيات الغشاء المغذى . والماء الذى يحتوى حتى على تركيز من الكالسيوم قدره ٤٠٠ جزء فى المليون أمكن استخدامه بنجاح لزراعة الطماطم والخيار فى باربادوس Barbados .

جدول رقم ١٣ : التحليل الكيميائى لمياه بئر من ألاسكا

(١ = CF ، ٦,٨ = pH)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
ألومنيوم	,٢
بورون	صفر
كالسيوم	٦,٠
كلوريد	٨,٠
نحاس	صفر
فلوريد	١,٠
حديد	,٩
مغنسيوم	٦,٨
منجنيز	,٨
موليبدنم	صفر
نيتروجين	١,٦
فوسفور	,٥
بوتاسيوم	٢,٤
صوديوم	٤,٠
كبريتات	,٥
كبريتيت	١,٥
زنك	,٢

ويوضح جدول رقم ١٥ تحليل ماء أحد الينابيع (العيون) وهو ذو pH = ٧,٥ ومعامل توصيل CF = ٣٣ . إذ يحتوى على تركيز شديد الارتفاع من الصوديوم (٤٦٠ جزء فى المليون) ومحتوى مرتفع من المغنسيوم . ولو أن تقدير محتواه من الكلوريد ذو أهمية غير أنه حتى بدون هذا التقدير فمن الممكن القول أن هذا الماء غير ملائم لتقنيات الغشاء المغذى بدون معاملته لإزالة بعض المواد المذابة . وفى جدول رقم ١٦ موضح نتائج تحليل مياه المدينة فى دبى Dubai . وعلى أى حال فالدراسات التى أجريت عن استخدام الماء الملحى فى تقنيات الغشاء المغذى قليلة بحيث يصعب اعطاء رأى قاطع فى هذا الشأن .

جدول رقم ١٤ : التحليل الكيميائى لماء أرض من تلال جيرية فى انجلترا (pH = ٧,٧ ، CF = ٨)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
بورون	٠,٤
كالسيوم	١٢٢,—
كلوريد	صفر
نحاس	,٠١
حديد	٠,٢
مغنسيوم	٨,—
منجنيز	صفر
نيتروجين	١٢,—
بوتاسيوم	١,—
فوسفور	صفر
صوديوم	٢٤,—
زنــك	٠,٥

جدول رقم ١٥ : التحليل الكيميائى لماء الينابيع فى الكويت

(٣٣ = CF ، ٧,٥ = PH)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
بورون	١
كالسيوم	١٧٥
نحاس	,١
حديد	,٥
مغنسيوم	١٩٢
منجنيز	,٢
نيتروجين	١٢
فوسفور	,٥
بوتاسيوم	١٠
صوديوم	٤٦٠
زنـــك	,١

وبالمعلومات المتوفرة حاليا فإنه من الصعب إبداء رأى عن صلاحية الماء ما لم يكن نقيا تماما مثل مياه بئر ألاسكا أو غير نقى وتحليله شديد الملحية مثل ماء العين فى الكويت . وتحديد الحدود العليا المقبولة لتركيزات الأيونات المختلفة فى الماء المستخدم فى تقنيات الغشاء المغذى أمر ذو أهمية كبيرة خاصة بالنسبة للصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم والزنك والكلوريد والكبريتات . ولكن هذا التحديد لا يكون بمجرد التقدير الكيميائى لأن هذه الحدود تتأثر ليس فقط بتحمل النباتات ولكن أيضا بمعدل فقد الماء عن طريق النتح ومعروف أنه يتأثر بعوامل أخرى كثيرة مثل المناخ وأشعة الشمس وحرارة الهواء .

جدول رقم ١٦ : التحليل الكيميائى لماء المدينة فى دبى
(١٨ = CF ، ٧,٧ = pH)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
فلورين	١
صوديوم	٢٥١
بوتاسيوم	١٧
كالسيوم	٥٥
مغنسيوم	٤٢
كبريتات	٢١١
كلوريد	٣٩٠
حديد	صفر
ألومنيوم	صفر
نيتروجين	,٦

التحكم فى نوعية الماء

الماء المفضل فى نظام الغشاء المغذى هو ماء المطر أو الماء المكثف من الهواء المحمل بالرطوبة . فالماء من هذين المصدرين لا يحتوى على مواد مذابة فيه . وبالتالى فلا يوجد تجمع زائد للأيونات فى نظام الغشاء المغذى NFT نتيجة لإضافات الماء لتعويض فقده . ويمكن خلط هذا الماء النقى والذى غالبا ما يكون قليلا مع ماء أقل نقاوة لايجاد ماء مخلوط يكون تركيز المواد الذائبة فيه مقبولا . وإذا كان بالماء المستعمل أحد المواد المذابة وكان المقدار المضاف من هذه المادة مع الماء الذى يعوض البخر ـــ نتح أكثر مما يمتصه النبات منها تجمعت الزيادة من هذه المادة فى المحلول الدائر فى نظام الغشاء المغذى .

وينصح فى هذه الحالة بضخ المحلول المغذى من نظام الغشاء المغذى قبل أن يصبح التركيز ضارا . ونظرا لقلة المعلومات حاليا فإن الطريقة الوحيدة لتحديد هذه الفترة الزمنية هى تحليل الماء الموجود وتقدير التركيز بالجزء فى المليون للأيونات التالية : النيتروجين ، النحاس ، الموليدنم ، الزنك ، الصوديوم ، الكلوريد والكبريتات . ومن فحص نتائج التحليل يمكن معرفة أى الأيونات من المحتمل أن يزيد تركيزها حتى يصل إلى الحد الضار . وفى هذه الحالة تتخذ الترتيبات لإجراء التحليل أسبوعيا ويوقع تركيز الأيون أو الأيونات المشتبه فيها فى رسم بيانى كلما ارتفع التركيز .

والملاحظة المستمرة للنباتات سوف تبين متى تبدو على النباتات الأعراض الأولية للضرر . فعلى سبيل المثال قد تبدأ النباتات فى المعاناة بنقص معدل نموها ويبدأ لون الأوراق الأخضر العادى فى التحول إلى الأخضر المزرق وتصبح الأوراق الجديدة أصغر من المعتاد . فعندما تبدأ هذه التحولات فى الظهور يمكن اعتبار أن تركيز الأيون المشتبه فيه قد أصبح عاليا . وعند هذه النقطة يجب أن يضخ المحلول الدائر فى نظام الـ NFT ويعاد ملء النظام بماء جديد وتضاف إليه العناصر الضرورية وإذا أفترضنا أن هذه الحالة قد حدثت بعد أحد عشر أسبوع ، يعاد تفريغ النظام مرة أخرى يملأ بماء جديد بعد ١٠ أسابيع من تفريغ النظام واعادة ملئه بماء جديد . فإذا استمر نمو النبات جيدا بعد عشرة أسابيع دل ذلك على أن التركيز الضار يتحقق بعد ١٠ — ١١ أسبوع . وبالنسبة إلى تغير الظروف المناخية ومراحل النمو فقد يتغير أيضا معدل النتح وبالتالى معدل تزايد تركيز العنصر المشتبه فيه ولذا ينصح باستمرار توقيع التركيز مع الوقت فى رسم بيانى ومنه يعرف التركيز الذى يبدأ عنده حدوث الضرر وبذا يمكن التفريغ مستقبلا قبل الوصول إلى هذا التركيز . والملاحظة الدقيقة والخبرة سوف تساعدان على تحديد وقت الضخ والتفريغ بدقة فى الأغراض العملية .

فإذا فرضنا أن فترة الأمان الضرورية قبل عملية الضخ والتفريغ هى ٩

أسابيع وأن نظام الـ NFT يحتوى ٩٠٠٠ لتر من المحلول الدائر . فيمكن حساب معدل التفريغ الذى يمنع الوصول إلى التركيز الضار لأى عنصر . واتباع أسلوب الاستنزاف blead-off يمنع الحاجة إلى ضخ النظام لأن المحلول الدائر سوف يستنزف باستمرار بمعدل كما هو موضح فى المثال التالى حيث يمكن احلال المحلول فى نهاية التسعة أسابيع . فى هذا المثال يمكن حساب معدل الاستنزاف كما يلى :

حجم المحلول فى النظام = ٩٠٠٠ لتر

فترة الأمان = ٩ أسابيع

معدل التفريغ الأسبوعى = ٩٠٠٠ ÷ ٩ = ١٠٠٠ لتر

معدل التفريغ اليومى = ١٠٠٠ ÷ ٧ = ١٤٣ لتر

معدل التفريغ فى الساعة = ١٤٣ ÷ ٢٤ = ٦ لتر

معدل التفريغ اللازم باللترات فى الدقيقة = $\frac{٦}{٦٠}$ = ١, لتر

ويضاف أنبوبة إمداد إضافية إلى أنبوبة التدفق للمنشأة فى مكان مناسب مع وضع مشبك قلاووظ على أنبوبة الإمداد . ويضبط هذا المشبك بحيث تعطى الأنبوبة ١, لتر فى الدقيقة ، وتصب الأنبوبة فى إناء محدد بخط يشير إلى حجم ١٤٣ لتر . ويفرغ هذا الإناء يوميا ويملأ كاختبار أن معدل التفريغ من الأنبوبة لم يتغير حيث أن أى انسداد جزئى يقلل معدل التدفق .

وعند عدم استخدام أسلوب الاستنزاف واتباع نظام الضخ مرة كل ٩ أسابيع فيجب العناية والتدريب على عملية التفريغ لتتجنب التأثير المفاجىء لانخفاض درجة حرارة الماء المتدفق على جذور النباتات . ففى بعض المحاصيل مثل الخيار ، يؤدى الانخفاض المفاجىء فى درجة الحرارة لمنطقة الجذور إلى ذبول النباتات .

وأفضل ما ينصح به للأقلمة هو تحديد أقل حجم من المحلول الذى يكفل استمرار الضخ ودوران المحلول . فلنفرض أن هذا الحجم فى هذا المثال هو

١٠٠٠ لتر أى أنه بدون إيقاف دوران المحلول يمكن سحب ٨٠٠٠ لتر من ٩٠٠٠ من النظام . وعلى ذلك يجب أن يتم السحب بعد ٨ أسابيع وليس ٩ أسابيع لأنه $\frac{٨}{٩}$ المحلول فقط هو الذى يسحب . فإذا تم ضخ ٨٠٠٠ لتر فى آخر النهار وأعيد ملء النظام خلال الليل عن طريق صمام الطفو فى الخزان الجامع فإن الأثر الضار لتغير درجة الحرارة سوف يقل فلا يحدث للخيار ذبول .

وإذا لم تتبع هذه الطريقة ووجد أن الأفضل هو تغيير كل المحلول فى النظام خلال النهار فيجب تدفئة الماء المستعمل فى ملء النظام إلى درجة حرارة مشابهة لدرجة حرارة المحلول الدائر القديم ما لم يكون المحصول المستخدم مقاوما لتغير درجة حرارة منطقة الجذور نهارا .

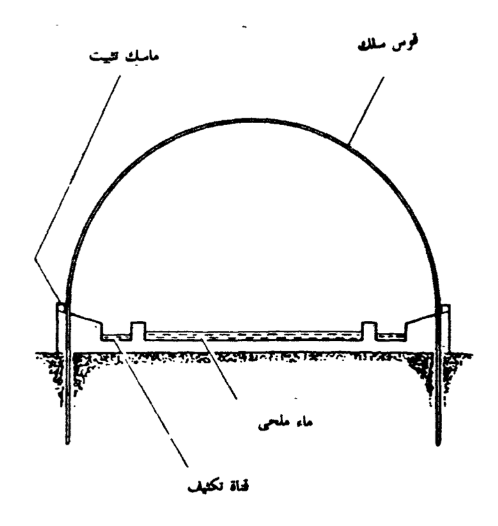
وفى كثير من الأحيان يكون من الضرورى إزالة المواد غير المرغوبة فى الماء قبل استعماله فى نظام الـ NFT ، أى يجب استخدام أى طريقة لتنقية الماء المستخدم . ويمكن الحصول على ماء نقى كما يلى :

١ ـــ تحلية الماء الملحى

يقصد بهذه العملية التخلص من الأملاح المذابة فى الماء . والطريقة الأساسية فى ذلك هى التسخين واستقبال البخار الناتج فى مكثف حيث يتكثف البخار إلى قطرات من الماء خالية من الأملاح .

وهذه الطريقة مستخدمة فعلا خصوصا فى السفن غير أنها مكلفة لاستخدامها الطاقة البترولية أو الكهربائية ولذلك اتجهت الجهود إلى استخدام مصادر أخرى للطاقة الرخيصة مثل الطاقة الشمسية حتى يمكن استخدام الماء الناتج من عملية التقطير فى الزراعة .

وتوجد عدة طرق لإزالة المواد المذابة من الماء الملحى . وأبسط هذه الطرق هو إستخدام الطاقة الشمسية . ويوضح شكل رقم ٢٣ جهاز التقطير الشمسى . ففى قاعدة الجهاز قناة مركزية عريضة تملأ بالماء الملحى . وقوس



شكل رقم (٢٣) ـ مقطر شمسى

من السلك القوى يثبت فى الأرض على مسافات من خلال فتحات فى الحوائط الجانبية للقاعدة . وشريحة من غشاء البوليثين من النوع الذى لا يتلف سريعا بالأشعة فوق البنفسجية الموجودة فى أشعة الشمس (بوليثين ماحع للأشعة فوق البنفسجية) يثبت فوق الأقواس وتثبت أطرافه على الحوائط الجانبية للقاعدة . وعندما تسطع الشمس فإن الماء يتبخر من الماء الملحى ويتكثف على السطح الداخلى لغشاء البوليثين الذى سبق معاملته بحيث يسمح توتره السطحى بألا تلتصق قطرات الماء المتكثف بغشاء البوليثين (هذه القطرات تقلل نفاذية أشعة الشمس) بل تجرى بسرعة على جانبى الغشاء من الداخل وتتجمع فى قنوات التكثيف فى القاعدة . وهذه المياه المتكثفة تجرى فى القنوات إلى أنبوبة تجميع توصل الماء إلى خزان كبير . وميزة التقطير الشمسى هى أنه بسيط وأن الطاقة المستخدمة ـــ الطاقة الشمسية ـــ غير مكلفه . أما عيبها فهو أن انتاجها من الماء المقطر منخفض . وزيادة المقدار المقطر من الماء تقتضى استخدام مصادر أخرى من الطاقة مثل البترول .

وتوحد وحدات تقطير كهربائية تنتج ٥٠٠ متر مكعب من الماء فى اليوم وتستهلك حوالى ١٦ كيلو وات ساعة لانتاج ١ متر مكعب من الماء (حوالى ٤ كيلو جرام من زيت الديزل حيث تنتج الطاقة من مولد ديزل) . والفكرة الأساسية لهده الطريقة هى توليد ضغط منخفض يؤدى إلى تبخر الماء عند درحة حرارة أقل من ٥٠°م ويجمع الماء المتكثف .

ويمكن أن تستعمل عملية التقطير لتحلية أى نوع من الماء بما فى ذلك ماء البحر الدى يحتوى على حوالى ٣٢٦٠٠ جزء فى المليون من المواد الذائبة . بما فيها العناصر الموضحة فى جدول ١٧ بالإضافة إلى كميات قليلة من عناصر كثيرة أخرى .

جدول رقم ١٧ : التركيزات التقريبية للعناصر الأساسية في ماء البحر

العنصر	التركيز (جزء فى المليون)
نيتروجين	,٥
فوسفور	,٠٥
بوتاسيوم	٣٨٠,-
كالسيوم	٤٠٠,-
مغنسيوم	١٢٧٠,-
حديد	,٠١
منجنيز	,٠٠٥
بورون	٤,٦
نحاس	,٠٤
موليبدنم	,٠٠١
زنـــك	,٠١
صوديوم	١٠,٥٦٠
كلوريد	١٨,٩٨٠
كبريت	٨٨٤,-
برومين	٦٥.-
سترنشيوم	١٣,-
سليكون	٢,-
ألومنيوم	١,-
فلورين	١,٤
ايودين	,٠٥

كما تستخدم طريقة أخرى لتحلية الماء معتمدة على الظاهرة الأسموزية . فعندما يوضع غشاء شبه منفذ (يسمح بمرور المذيب ولا يسمح بمرور المواد المذابة) بين محلولين مختلفى التركيز ، يمر الماء (المذيب) خلال الغشاء من التركيز المنخفض إلى جانب التركيز المرتفع حتى يتساوى التركيز على جانبى الغشاء . ويوجد فرق فى الضغط على جانبى الغشاء طالما كان التركيز مختلفا . وتتوقف قيمة هذا الضغط الذى يعرف باسم الضغط الاسموزى على الفرق فى التركيز بين المحلولين فى الجانبين . فإذا زيد الضغط على جانب الغشاء ذى التركيز العالى والذى يكون أكبر من الضغط الأسموزى ، يتحرك الماء فى الاتجاه المعاكس أى من التركيز الأعلى إلى التركيز المنخفض . ولأن هذا الضغط المبذول يعكس الحركة الأسموزية العادية عبر الغشاء اطلق على العملية « الأسموزية العكسية Reverse Osmosis » . ومادة الغشاء التى تستعمل عادة إما أن تكون خلات السليلوز أو أن تكون من النايلون المعروف بأنه Polyamide .

وتنتج كل من طريقة التقطير وطريقة الأسموزية العكسية ناتجين سائلين . إذ تعطى طريقة التقطير ماءا نقيا وناتج آخر هو محلول ملحى مركز . وفى طريقة الأسموزية العكسية يوجد ناتج من الماء منزوع الأملاح منه جزئيا (يعرف بأنه متخلل Permeate) يحتوى على ٥ إلى ١٠٪ من تركيز الأملاح فى الماء الداخل (الأصلى) وناتج آخر من الماء عالى التركيز يعرف « بالمركز » .

وتستخدم عملية نزع الأيونات من الماء أيضا فى تحلية الماء . ففى عملية التقطير يزال الماء من المواد المذابة أما فى طريقة نزع الأيونات فإن المواد المذابة هى التى تزال من الماء . وهذا يتم باستخدام أعمدة تحتوى راتنجات قادرة على ادمصاص[1] الأيونات . ويوجد نوعان من هذه الأعمدة . النوع الأول يحتوى راتنجات مشبعة بأيونات الهيدروجين ($Re^- H^+$) والنوع الثانى من الأعمدة يحتوى راتنجات مشبعة بأيونات الهيدروكسيل ($Re^+ OH^-$) . فإذا احتوى الماء على سبيل المثال على كمية كبيرة من كلوريد الصوديوم (Na Cl) فإن الماء

(١) إدمصاص الأيونات هو ارتباطها بسطح الجسم الماص فلا تتحرك مع الماء .

يمرر أولا خلال عمود الهيدروجين الذى يمسك بأيونات الصوديوم بدلا من أيونات الهيدروجين التى تنفصل عن سطح المادة الماصة ثم بعد ذلك يمرر الماء خلال عمود الهيدروكسيل الذى يحتفظ بالكلوريد بدلا من الهيدروكسيل ، أى ينتقل كلوريد الصوديوم ــ بشقيه ــ من الماء إلى الأعمدة بالتبادل الأيونى . وبذا يتخلص الماء من كلوريد الصوديوم أما الهيدروجين والهيدروكسيل فيكونان ماء كما يتبين ذلك من المعادلات الآتية :

$$Re^{-}\,H^{+} + Na^{+} = Re^{-}\,Na^{+} + H^{+}$$

وأيونات الكلوريد سوف يحل محلها أيونات الهيدروكسيل كما فى المعادلة التالية :

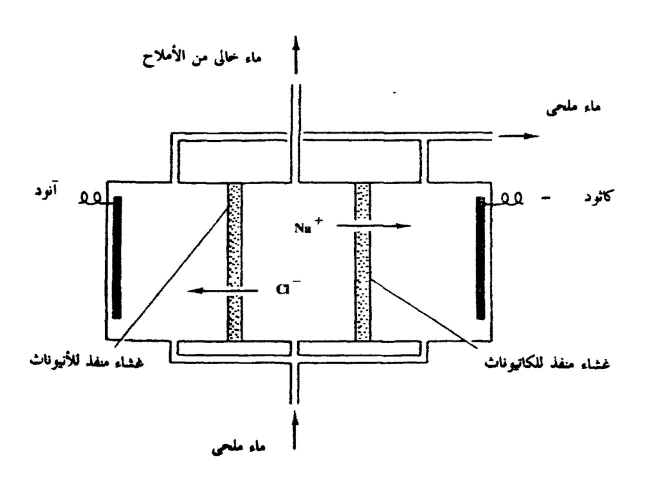
$$Re^{+}\,OH^{-} + Cl^{-} = Re^{+}\,Cl^{-} + OH^{-}$$

والهيدروجين والهيدروكسيل يتحدان مع بعضهما لتكوين الماء كما يتضح من المعادلة :

$$H^{+} + OH^{-} = H_2O$$

وعند شغل جميع مواقع الهيدروجين والهيدروكسيل على سطوح راتنجات كل من العامودين تقف عملية التحلية وفى هذه الحالة يقال أن العمود أصبح منهك exhausted . ويمكن تنشيطه مرة أخرى بإمرار محلول متوسط التركيز من حامض أو قلوى خلال العمود المناسب . وهذا سوف يزيل الصوديوم وأى كاتيون آخر من أحد العمودين والكلوريد وأى أنيون آخر من العمود الثانى وإحلال الهيدروجين والهيدروكسيل محلهما على الترتيب . وبذلك يمكن إمرار الماء للتحلية على الأعمدة مرة أخرى وهكذا . وجهاز التبادل الأيونى ينتج نحو ٩٠٠٠ لترا فى الساعة . وتكاليف عملية التحلية تتناسب مباشرة مع تركيز المواد المذابة فى الماء ، ومن الممكن اجراء هذه الطريقة إذا كان تركيز المواد المذابة أقل من ٨٠٠ جزء فى المليون .

وهناك طريقة أخرى لتحلية المياه وهى طريقة الانحلال الكهربائى . ويقصد بها فصل المواد المذابة فى المحلول الذى يستخدم فيها غشاء « اختيارى » يسمح بمرور نوع واحد من المذاب خلاله ولا يسمح لنوع آخر . والانحلال الكهربى هو الظاهرة التى تحدث عندما يمر تيار كهربائى خلال محلول مائى . والموصل الذى يغمر فى المحلول والذى يوصل التيار الكهربائى فى المحلول يعرف باسم الآنود Anode والموصل الذى يحمل التيار خارج المحلول يعرف باسم الكاثود Cathode . والمحلول (الاليكترولايت) يحمل التيار الكهربائى من الآنود إلى الكاثود . فعندما يمر التيار تتحرك الأيونات ذات الشحنة الموجبة خلال الماء إلى الكاثود وتتجه الأيونات سالبة الشحنة إلى الآنود .



شكل رقم (٢٤) ـــ وحدة انحلال كهربائى لتحلية المياه

ويعبر اصطلاح اليكترودياليزس Electrodialysis أو الانحلال الكهربائى عن عمليتى توصيل التيار الكهربائى وانتقال الأيونات ذات الشحنات الموجبة والسالبة . وقد أمكن استخدام هذه الظاهرة فى تحلية المياه كما هو موضح بشكل رقم ٢٤ . فالماء الملحى يدخل إلى خزان التحلية وهو عبارة عن خلية كهربائية ذات آنود وكاثود فى طرف الخزان . وينقسم الخزان إلى ثلاثة أجزاء بغشائين لهما خاصية مرور اختيارية للأيونات ، أحدهما منفذ للأنيونات والآخر منفذ للكاتيونات . وعندما يمر التيار الكهربائى تتحرك الكاتيونات إلى الكاثود وأنيونات تتحرك إلى الآنود (كما هو موضح بالشكل بالصوديوم والكلوريد على الترتيب) . ويترك الماء الخالى من الأملاح فى القسم الأوسط من الخزان نتيجة لوجود الغشائين .

ويتضح مما سبق أنه يمكن تحلية الماء اما بالتقطير أو بعكس الاسموزية أو بنزع الأيونات باستخدام مواد تبادلية أو بالانحلال الكهربائى . ويتحدد إختيار الطريقة التى تستخدم فى نظام الغشاء المغذى بالمناطق التى يكون فيها تحلية الماء أمرا ضروريا نتيجة الظروف الاقتصادية السائدة فى المنطقة ولو أنه توجد عوامل تقنيه أخرى مثل درجة ملحية الماء الملحى ومعدل التدفق المطلوب من الماء العذب تؤثر أيضا على اختيار الطريقة .

٢ ــ تجميع ماء المطر

تعتبر الوحدات الكبيرة من الصوب وسيلة هامة لتجميع الأمطار . فسطح الصوبة يوفر مساحة تجميع كبيرة لجمع ماء المطر عليها ويمكن بسهولة توجيهه إلى خزان .

وأبسط طريقة لعمل الخزان هو حفر حفره كبيرة على هيئة مستطيل فى الأرض ووضع ناتج الحفر على جانبى الحفرة لعمل جدار مائل بنسبة ٣ : ١ . ويجب أن يجهز الخزان بغشاء بوليثين أسود بسمك ٠,٢٥ مم لمنع نفاذ الماء . ومعروف أن البوليثين مأمون ولا يسبب أى آثار سامة للمحاصيل المزروعة

بنظام الغشاء المغذى . ويفضل الغشاء الأسود عن الشفاف لأن الشفاف أقل مقاومة للتحلل والتلف بواسطة الأشعة فوق البنفسجية فى ضوء الشمس . وتوضع شرائح البلاستيك بعد تنعيم القاع والجدران وتثبت فى مكانها ضد حركة الرياح بأكياس من البوليثين مملوءة بالرمل أو التربة . وبعد ذلك تعالج أى ثقوب بشرائح لاصقة . ويغطى البوليثين الذى على قاع الخزان بالرمل أو التربة بسمك ٥ سم . كما تغطى الجوانب المائلة بطبقة عمقها حوالى ٢٥ سم .

والمياه المخزنة فى هذا الخزان عذبة ومن أفضل ما يستخدم فى الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى . ويمكن عمل هذه الخزانات لتجميع مياه الأمطار وتخزينها لاستخدامها فى الزراعة بنظام الغشاء المغذى بدون استخدام الصوب متى توفر أى سطح جامع Catchment Surface .

ضبط التوصيل الكهربائى

تحتاج أغلب الحاصلات النامية فى نظم الغشاء المغذى لمحلول مغذ لا يقل توصيله CF عن ٢٠ . وإذا كان ضبط الـ CF للمحلول يدويا فيجب قياسه يوميا . فالمحصول يستنفذ العناصر من المحلول المغذى وبالتالى ينخفض توصيله الكهربائى . وعندما ينخفض الـ CF عن ٢٠ يجب اضافة كمية كافية من العناصر المغذية للمحلول لرفع الـ CF إلى قيمة تقترب من ٣٠ . ويمكن اضافة هذه العناصر للمحلول فى صورة صلبة أو كمحلول مركز . أما إذا استخدم جهاز تحكم أوتوماتيكى فإن الجهاز سوف يظهر باستمرار التوصيل الكهربائى ويقوم أوتوماتيكيا — بحقن المحلول المركز للحفاظ على قراءة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى كما سجلت فى جهاز التحكم . ولأغلب نظم الغشاء المغذى فإن هذه القيمة (CF) يجب أن تكون ٢٥ (٢,٥ ملليموز أو ٢٥٠٠ ميكروموز) . وقد أوضحت الاختبارات امكانية الاعتماد على ضبط رقم الـ CF أوتوماتيكيا .

التحكم الأوتوماتيكى لـ pH و CF المحلول المغذى

يوجد أنظمة تحكم تجارية متاحة لتقنية الغشاء المغذى فتقدر باستمرار رقم الـ pH و CF المحلول وتحقن أتوماتيكيا الحامض والعناصر فى المحلول الغذائى الدائر لتوصيل الـ pH و CF إلى القيم التى تم ضبط جهاز التحكم عليها . ويوضع المجس الذى يقيس الـ pH والمجس الآخر الذى يقيس الـ CF فى المحلول الغذائى الدائر . فترصدان باستمرار قيمتى pH و CF للمحلول ويرسلان تيارا كهربائيا يتناسب مع قيم كل من pH ، CF المحلول إلى لوحة جهاز التحكم حيث يوجد مقياس كل من الـ pH و CF . فتعطى هذه المقاييس قيمتين مرئيتين لـ pH و CF المحلول الدائر الغذائى . كما يتضح أيضا على لوحة التحكم قيمتى الـ pH ، CF المرغوبتين (٦ ، ٢٥ على الترتيب) . ويحقن الحامض أو القاعدة والعناصر الغذائية أتوماتيكيا فى المحلول استجابة للمجسات للوصول إلى القيم المطلوبة .

والتحكم الذاتى الكامل مكلف غير أن أجهزة التحكم نصف الذاتية أرخص ثمنا . وفى هذه المتحكمات نصف الذاتية يكون معدل الحقن ثابتا . ويحدد معدل الحقن يدويا بالضبط الدقيق . ويتحدد المعدل المطلوب يدويا بقياس الـ pH ، CF وعمل ضبط لمعدل الحقن حتى نحصل على قيم الـ pH و CF المرغوبة تقريبا . ومن الضرورى التأكد من أن خزانات امداد الحامض والمحلول الغذائى المركز الأصلى مملوءه بحجم مناسب . ويضبط جهاز التحكم نصف الذاتى بحيث يعمل كل ٢٤ ساعة ولو أنه قد يضاف إليه كرونومتر يُشغل الجهاز كل ساعة لنضمن ضبطا دقيقا ، وبذلك يمكن وضع برنامج بحيث يعمل جهاز التحكم لمدة خمس دقائق كل ٢٤ دقيقة خلال ساعات الضوء (النهار) فقط وكذا يمكن أن يضبط معدل الحقن ليتم خلال مدة الخمس دقائق بحيث لا يتلف المحصول إذا لم يكن صمام السولينويد محكما .

ومن الأهمية بمكان الا يسمح بأن ترتفع قيمة pH المحلول عن ٦,٥ حتى لو كان ذلك لفترة قصيرة سواء استخدمنا الطريقة اليدوية أو الأتوماتيكية أو نصف الأتوماتيكية . ولقد اختبر G. Benians بوزارة الزراعة فى شمال ايرلندا تأثير الـ pH على الترسيب فى المحلول المستخدم لتغذية الطماطم فوجد أن الترسيب يبدأ عند pH ٦,٩ . وعند pH ٧,٤ حدث فقد لبعض الكالسيوم والفوسفور . ولو أن هذا لم يكن كافيا للإضرار بالمحصول . كما حدث أيضا نقص واضح فى الحديد من ١٢ إلى ٢,٥ جزء فى المليون وفى المنجنيز من ٢,٢ إلى ٤, جزء فى المليون . وعموما يجب تجنب ارتفاع فى الـ pH فوق ٦,٥ .

دوران المحلول المغذى

من الضرورى أن يكون المحلول فى حالة دوران باستمرار ، ويمكن وضع مفتاح ضغط قرب نهاية أنبوبة توصيل المحلول أى بعيدا عن المضخة فإذا انخفض الضغط فى الأنبوبة نتيجة لعدم دوران المحلول أدى ذلك إلى تشغيل جرس للتنبيه ، ويمكن أيضا أن يقوم مفتاح الضغط بتشغيل تسجيل تليفونى للانذار .

وعدم دوران المحلول يمكن أن يحدث نتيجة الآتى :

١ ـــ التصاق الصمام العائم الذى يسمح بدخول المحلول ليعوض المحلول الخارج من الخزان فى وضع مغلق ، ويستمر النبات فى النتح من خلال أوراقه حتى يخلو الجهاز من الماء ، ويمكن ملاحظة أن لون النباتات النامية تحت هذه الظروف يتحول إلى الأخضر الغامق مثل تلك النامية فى ظروف ملحية .

٢ ـــ وتوقف دوران المحلول يمكن أن يحدث أيضا نتيجة انسداد أو ثقب فى السمكره ويتوقف الضرر الناتج على موقع التلف ، وإذا كان مفتاح الضغط قرب نهاية أنبوبة المحلول فإنه يشغل جرس التنبيه بصرف النظر عن موقع العيب .

٣ ـــ تعطل المضخة ، ووضع مفتاح الضغط فى أنبوبة المحلول يعطى تنبيها مبكرا لعطل المضخة . وتجهيز النظام بمضختين أحدهما شغالة والأخرى احتياطية تعمل ذاتيا بمجرد تعطل الأخرى أمر ضرورى ، ويحسن وجود مفتاح يوقف المضخة الشغالة ويشغل الاحتياطية بالتبادل أسبوعيا حتى نضمن أن المضخة الاحتياطية تكون فى حالة صالحة للعمل ويحتفظ بمضخة ثالثة بالمخزن لتحل محل المضخة المعطلة .

٤ ـــ انقطاع التيار الكهربائى ، ومن الضرورى أن يحتفظ بمولد احتياطى يعمل ذاتيا (أوتوماتيكى) بمجرد انقطاع التيار مع نظام لتشغيل جهاز التنبيه ، وفى حالة معدل تدفق للمحلول لا يزيد عن ٥ لتر / دقيقة يمكن الاعتماد على مضخة احتياطية تعمل ببطارية ١٢ فولت واستهلاك ١,٥ أمبير ويمكن تجهيز

خزان المحلول بمفتاح يقوم بتشغيل هذه المضخة مباشرة بمجرد انقطاع التيار ، واذا وصلت البطارية بجهاز شحن ضمن ذلك وجود طاقة لتشغيل المضخة فى حالات انقطاع التيار .

تتأثر حرارة الجو بمنطقة ما بعدد من العوامل :

ــ خط عرض المنطقة ، فالمنطقة الإستوائية لا تحتاج الى تدفئة ــ بوجه عام ــ بينما المناطق الشمالية أو الجنوبية يمكن أن تحتاج الى تدفئة كلما بعدت المنطقة عن خط الاستواء .

ــ ارتفاع المنطقة ، فكلما ارتفعت انخفضت درجة الحرارة .

ــ وقوع المنطقة على شاطىء البحر ، فهبوب الرياح (نسيم البر والبحر) يعمل على خفض درجة الحرارة ، وتقليل الفرق بين درجات حرارة الليل والنهار ، بعكس الظروف القارية التى تتميز بالفروق الكبيرة بين درجات حرارة الفصول وحرارة الليل والنهار .

ــ طبوغرافية المنطقة ، مثل وجود مرتفعات تحميها من الرياح الباردة أو تعكس اليها حرارة الشمس .

ــ سرعة الرياح واتجاهها .

ــ طول فترة سطوع الشمس .

وعندما يتعرض النبات لمصدر حرارى يحدث للأشعة الحرارية واحدة أو أكثر من العمليات الآتية : الإنعكاس ، الحمل ، الإمتصاص ، التوصيل وإعادة الأشعاع أو تستخدم فى تبخير الماء (يحتاج كل ١ جم من الماءالى ٥٠٠ كالورى ليتبخر) .

ومن الواضح أن امتصاص النبات للحرارة يرفع درجة حرارته حتى يصل الى حالة الاتزان وتصبح درجة حرارة النبات الجديدة أعلى مما كانت ، ويحدد هذه الدرجة الجديدة مايأتى :

ــ مقدار الطاقة الحرارية التى يعيد النبات اشعاعها ، ويتوقف هذا المقدار على الفرق بين درجتى حرارة النبات والهواء والأشياء المحيطة به .

ــ فقد النبات للحرارة نتيجة عمليتى التوصيل والحمل ، وذلك بمرور تيار من الهواء على سطح الأوراق الدافئة ، وكلما زادت حركة الهواء زاد أيضا توصيل الحرارة ونقلها حتى تقترب درجة حرارة النبات من درجة حرارة الهواء . وإذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة النبات ينعكس إتجاه سريان الحرارة ويصبح من الهواء الى النبات لترتفع درجة حرارته .

ــ تعتبر الطاقة الحرارية المستخدمة فى عمليات التخليق الضوئى الكيميائى مثل التمثيل الكلوروفيلى ، ضئيلة ويمكن إهمالها عند حساب ميزان الطاقة فى الحاصلات النامية .

ــ يستخدم نحو ٧٠٪ــ٩٠٪ من مقدار الحرارة الذى يمتصه النبات من أشعة الشمس فى تبخير الماء منه .

تتأثر درجة حرارة النبات عند الوصول الى حالة الاتزان بقدرة النبات على اختزان الحرارة ، ولذا فإن درجة الحرارة فى الأوراق الرقيقة تتغير أسرع من تغيرها فى الأوراق السميكة أو البراعم الزهرية أو أعضاء التخزين عندما يحدث تغير فى درجة حرارة البيئة المحيطة بالنبات .

وتؤثر الحرارة فى جميع العمليات الفسيولوجية والكيميائية التى تحدث بالنباتات ، وفى مدى الحرارة المحددة الذى تنمو فيه النباتات تتضاعف العمليات الكيميائية كل ١٠°م درجة مئوية ترفعها درجات الحرارة . ويتزايد معدل التنفس والتمثيل الكلوروفيلى بصفة مستمرة بارتفاع درجات الحرارة ، ولو أن مقدار ثانى أوكسيد الكربون الموجود والطاقة الضوئية هما المحددان للتمثيل الكلوروفيلى وليس درجة الحرارة . وباعتبار أن التنفس هو استهلاك لمنتجات التمثيل الضوئى فارتفاع درجة الحرارة الذى يزيد التنفس قد يؤدى الى نقص محتوى النبات من السكر وضعف النبات .

وزيادة معدل التمثيل الضوئى عن معدل التنفس تؤدى الى النمو ، أما اذا تساويا ــ التمثيل الضوئى والتنفسى ــ يتوقف النمو . ويضعف النبات وقد يموت بمضى الوقت إذا زاد معدل التنفس عن التمثيل الكلوروفيلى . ولضمان تفوق التمثيل الضوئى على التنفس تنمى النباتات فى وسيط يميل الى البرودة ليلا لخفض التنفس والى الحرارة نهارا لتشجيع التمثيل الضوئى .

وفى حالة وجود قنوات الغشاء المغذى فى داخل الصوبة تضبط درجة حرارة الصوبة بحيث تزيد ٥ــ١٠°م فى النهار عنها فى الليل فى الأيام الغائمة ونحو ١٥°م فى الأيام الصحو ، واذا حقن ثانى اوكسيد الكربون فيحسن أن تزداد درجة حرارة النهار عن الليل بنحو ٥°م درجات اخرى .

وتؤثر الحرارة على عملية النتح ، فارتفاع درجة حرارة الورقة يزيد ضغط بخار الماء داخلها ، فإذا ظل ضغط بخار الماء خارج الورقة دون زيادة يسرع معدل النتح ، وبرودة المحلول المغذى تبطىء امتصاص الماء ونمو الجذور وقد يتوقف نمو النبات بصرف النظر عن درجة حرارة الهواء .

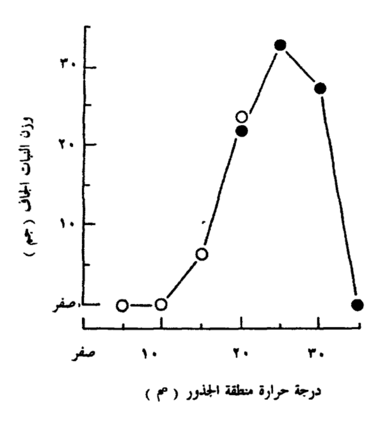
وتؤثر درجة الحرارة على استطالة النبات ، ففى درجة ٢٠°م ليلا يستطيل الجذر بمقدار ١٥ مم /يوم بينما تكون استطالة الساق ٢٥ مم /يوم .

حرارة المحلول المغذى الدائر

للزراعة بنظام الـ NFT ميزة هامة وهى أنها توفر الوسيلة لانتاج محاصيل على نطاق كبير للتحكم فى بيئة الجذور بدقة أكثر مما هو موجود فى الزراعة العادية . وقد أمكن التحكم بنظام الغشاء المغذى فى درجة حرارة منطقة الجذور . ففى الزراعة العادية تقبل حرارة التربة السائدة كما هى فلا نستطيع عمل شيء كثير للتأثير عليها ، أما فى نظام الغشاء المغذى فيمكن التحكم فيها عن طريق التحكم فى درجة حرارة الماء الدائر . وتكاليف هذه السيطرة هى العامل الأساسى .

ولدراسة استجابة النبات لحرارة المحلول ، استخدم كوبر غرف نمو ذات بيئة محكمة وهواء درجة حرارته ٢٠°م لدراسة تأثير حرارة المحلول الدائر على نمو نباتات الطماطم الصغيرة فى تجربتين . فى التجربة الأولى كانت درجة حرارة المحلول ٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠°م قد ثبتت خلال النهار والليل ، وفى التجربة الثانية كانت درجات الحرارة ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ ، ٣٥°م . وقدر نمو النباتات بوزنه الجاف بعد فترات زمنية عرفية . والنتائج موضحة فِي شكل رقم ٢٥ . وكانت درجة الحرارة ٢٠°م للمحلول مشتركة فى التجربتين ، ويتضح من شكل رقم ٢٥ أن دقة التجربة كافية ، ولذلك أمكن دمج نتائج

التجربتين فى منحنى استجابة واحد يوضح التغير فى درجة الحرارة من ٥ الى ٣٥°م . وكانت درجة الحرارة المثلى لمنطقة الجذور بين ٢٥ و ٣٠°م . ومن منحنى الاستجابة يتضح أنه من المحتمل أن الدرجة المثلى كانت بين ٢٦ ، ٢٧°م . ولمعرفة ما اذا كانت لدرجة حرارة المحلول أثر على امتصاص العناصر ، قدر محتوى النبات من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكان أعلى امتصاص Uptake متوافقا مع أعظم نمو حدث عند ٢٥°م . ولكن هذا لا يثبت أن الزيادة فى النمو ترجع الى زيادة الكمية الممتصة ، ولكن الزيادة فى الكمية الممتصة من العناصر قد تكون نتيجة لزيادة النمو . ولأجل تحديد ما اذا كان التأثير على امتصاص العناصر مستقلا عن التأثير على معدل النمو فقد تم تقدير نسبة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى النباتات والنتائج موضحة فى جدول رقم ١٨ . ويمكن أن نرى من جدول رقم ١٨ أن منحنى النمو فى شكل رقم ٢٥ لا يمكن تفسيره على أساس تركيز العناصر فى أنسجة النبات . فلا يوجد علاقة بين حرارة منطقة الجذور ومحتوى النيتروجين . إذ كانت نسبة النيتروجين ٤٪ بصرف النظر عن درجة حرارة منطقة الجذور . وقد يكون



شكل رقم (٢٥) : العلاقة بين نمو النبات وحرارة منطقة الجذور

الانخفاض المحسوس فى النمو عند ١٥°م راجعا الى الانخفاض فى محتوى البوتاسيوم والفوسفور عند هذه الدرجة المنخفضة . ومع ذلك فإن شكل منحنى الإستجابة أعلى من ١٥°م فى شكل رقم ٢٥ لا يمكن ارتباطه بالفرق فى نسبة الفوسفور والبوتاسيوم فى أنسجة النبات لأنه من جدول رقم ١٨ ممكن أن نرى أنه لا يوجد فرق حقيقى . وكان لحرارة منطقة الجذور تأثير قليل على نسبة الفوسفور والبوتاسيوم فى النبات بين درجتى حرارة ٢٠ ، ٣٠°م .

وبسبب عدم القدرة عمليا على التحكم فى حرارة منطقة الجذور فى الزراعة العادية لم تحدد الحرارة المثلى لكثير من المحاصيل . وأغلب المحاصيل التى عرفت درجة الحرارة المثلى لنمو جذورها من معرفة أوزان نموها الخضرى بدون الجذور موضح فى جدول رقم ١٩ . ويمكن أن نرى أن كل درجات الحرارة المثلى لمنطقة الجذور تكون بين ٢٠ ، ٣٠°م . فعند زراعة محصول لا تعرف درجة الحرارة المثلى لمنطقة جذوره ، يمكن اعتبار أن هذه الدرجة المثلى ٢٥°م كافتراض أولى معقول .

ونحن لا نعرف كثيرا عما اذا كان من الضرورى أن تثبت درجة حرارة منطقة الجذور ليلا ونهارا أو أن حرارة الليل يجب أن تختلف عن حرارة النهار . وقد قام كوبر Cooper بتنمية نباتات الطماطم فى محلول غذائى دائر فى بيئة متحكم فيها وعند درجة حرارة ثابتة (٢٠°م) فى النهار والليل على أساس ١٢ ساعة نهارا و ١٢ ساعة ليل . وكان درجات الحرارة فى منطقة الجذور هى :

(١) ٣٠°م فى النهار و ١٥°م فى الليل .
(٢) ١٥°م فى النهار و ٣٠°م فى الليل .
(٣) ٢٢,٥°م فى النهار والليل .

وأعيدت التجربة مع محلول غذائى دائر عند درجات الحرارة التالية :

(١) ٣٠°م فى النهار و ١٠°م فى الليل .
(٢) ١٠°م فى النهار و ٣٠°م فى الليل .
(٣) ٢٠°م فى النهار والليل .

جدول رقم ١٨ : علاقة محتوى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في أنسجة نبات الطماطم بدرجة حرارة المحلول الدائر

درجة حرارة منطقة الجذور (مْ)	نسبة النيتروجين	نسبة الفوسفور	نسبة البوتاسيوم
١٥	٣ر٨	٥٢ر	٤ر٠
٢٠	٤ر٤	٧٧ر	٤ر٨
٢٥	٣ر٨	٧١ر	٤ر٦
٣٠	٤ر١	٧٠ر	٤ر٩

جدول رقم ١٩ : درجة حرارة منطقة الجذور المثلى (مْ) لبعض المحاصيل

درجة الحرارة (مْ)	المحصول	درجة الحرارة (مْ)	المحصول
١٩	الورد البلدى	٢٥	فول الصويا
٢٠	الشعير	٢٥	الفول الرومى
٢١	الجوايول	٢٧	الطماطم
٢٢	البسلة	٢٨	الدخان
٢٥	الفراولة	٢٨	الأرز
٢٥	الكتان	٢٩	الخيار
٢٥	الفاصوليا	٣٠	الذرة

وبعد فترات زمنية محددة قد قيم التأثير على نمو النبات بتقدير الوزن الجاف للنبات . والنتائج موضحة فى جدول رقم ٢٠ . ويتضح من الجدول أنه عندما ترتفع درجة حرارة منطقة الجذور خلال الليل عنها خلال النهار ينقص النمو . وبإرتفاع حرارة النهار عن حرارة الليل يقل التأثير بالمقارنة بالحرارة الثابتة . فمثلا عندما كانت الحرارة (٣٠ ، ١٠) و (٢٠ ، ٢٠) كان الوزن الجاف للنبات ١١ ، ١٢ جرام على الترتيب بينما الدرجات (٣٠ ، ١٥) و (٢٢,٥ ، ٢٢,٥) أعطت وزنا جافا ٢٤ ، ٢٢ جرام على الترتيب . وعلى ذلك فيمكن القول إن حرارة المحلول الدائر يجب أن تحفظ متساوية خلال النهار والليل وتكون قريبة من درجة الحرارة المثلى لحرارة منطقة الجذور .

جدول رقم (٢٠) تأثير تغيرات درجة حرارة المحلول الدائر
خلال الليل والنهار على وزن النبات الجاف

درجة حرارة النهار (° م)	درجة حرارة الليل (° م)	وزن النبات الاف (جم)
٣٠	١٥	٢٤
١٥	٣٠	١٨
٢٢٫٥	٢٢٫٥	٢٢
-	١٠	١١
١٠	٣٠	٦
٢٠	٢٠	١٢

درجات الحرارة المثلى :

كثيرا ما يتردد أن لكل نبات درجة حرارة مثلى اذا زادت درجة حرارة الجو عنها او نقصت تأثر المحصول وأدى ذلك الى تكوين جداول توضح هذه الدرجات المثلى لمختلف النباتات (جدول ٢١) .

ونوجه النظر الى النقاط الآتية :

ـ تحتاج أغلب النباتات الى درجات حرارة فى النهار تختلف عنها فى الليل وقد سبق أن أوضحنا ذلك ، على أن النباتات الأستوائية تتميز بنمو أفضل فى درجات حرارة لا تختلف فى الليل عنها فى النهار .

ـ تختلف درجات الحرارة « المثلى » باختلاف فصول السنة واختلاف المواقع .

ـ تختلف هذه الدرجات أيضا باختلاف طور نمو النبات وعمره .

ـ لكل عملية نمو مثل النبات وتكوين الجذور أو ظهور الأوراق أو تكون الأبصال .. درجة حرارة مثلى خاصة بها .

ـ تختلف هذه الدرجات أيضا حسب الهدف الذى يرغب الزارع فى تحقيقه .

ولما كان جدول ٢١ يحتوى بعض نباتات الزينة والخضر نتيجة دراسات فى ظروف تختلف عن الظروف المصرية رأينا أن نستكمل هذا الموضوع من دراسات بعض الباحثين المصريين ، لبعض الحاصلات المصرية كما يلى :

الخيار (١) قمر (١٩٨٧)

درجات الحرارة والرطوبة الواجب توافرها بالصوب البلاستيكية أثناء نمو الخيار :

فترة النمو	نهارا مشمس °م	غائم °م	ليلا °م	رطوبة٪	رطوبةالتربة
من شتل حتى الأزهار	٢٢ــ٢٥	٢٠ــ٢٢	١٥ــ١٨	٨٠ــ٩٠	٧٠ــ٨٠
من العقد وتكوين الثمار	٢٤ــ٢٦	٢٥ــ٢٤	١٥ــ١٨	٨٠ــ٩٠	٩٠

الحرارة الملائمة حتى الأنبات ٢٠ــ٢٥°م

تنخفض بعد الأنبات مباشرة وقبل تكوين الورقة الحقيقية الى ١٥ــ١٨°م لمدة ٤ــ٥ يوم . ثم ترفع الحرارة تدريجيا الى ٢٣ــ٢٥°م نهارا فى الجو المشمش و ١٧ــ٢٠°م فى الجو الغائم ــ ليلا ١٣ــ١٥°م .

(٢) جعفر (١٩٨٧)

حرارة الأنبات	١٥°م
مثلى	٣٠ــ٣٥°م
حرارة التربة	١٥°م
أثناء النهار	٢٠ــ٢٣°م ليلا ١٦ــ٢٠°م

القاوون (الكانتالوب) Muskmellon

قمر (١٩٨٧)

درجة الحرارة الملائمة للأنبات للحصول على الشتلات ٢٥ــ٣٠°م تنخفض بعد أكمال الأنبات الى ١٨ــ٢٠°م مدة ٤ــ٥ يوم ثم ترفع بعدها الى ٢٠ــ٢٥ نهارا ، ١٧ــ١٨ ليلا طوال المدة اللازمة لأنتاج الشتلات .

أثناء نمو الأزهار ٢٥ــ٢٧°م تزداد الى ٣٠°م أثناء العقد لا تتجاوز الحرارة ١٥°م ليلا .

الشمام (جعفر ١٩٨٧)

للأنبات ١٨ــ٢٤
للنمو يتوقف ١٩°م يفضل ١٨ــ٢٤°م
للتلقيح لا يفتح كيس اللقاح الا اذا كانت الحرارة ١٨°م
اذ يجب أن تكون الحرارة ٢٠ــ٢١°م وقت تفتح الأزهار المذكرة .

الفلفل (١) قمر

أفضل درجة حرارة للنمو والمحصول ٢١ــ٢٧°م

(٢) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

أوفق مدى حرارة ٢١,١ــ٢٦,٦°م

الباذنجان (١) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

لا يزرع حتى يصل متوسط درجة الحرارة اليومى ١٨,٢ــ٢١,١°م

(٢) جعفر (١٩٨٧)

مثل الشمام

الطماطم (١) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

أوفق مدى حرارة ٢١ــ٣٢°م

٣٦°م يقف النمو

٢٦°م سقوط الأزهار

٢٤°م ملائم لعقد الثمار . العامل المحدد لعقد الثمار هو درجة حرارة الليل .

١٥ــ٢٠°م مدى الحرارة المثلى

(٢) جعفر (١٩٨٧)

للأنبات	٢٠ــ٢٥°م
للتلقيح وعقد الثمار	١٦ــ٢٥°م
نمو المجموع الجذرى	١٨ــ٢٠°م نهارا
	١٥ــ١٦°م ليلا
متوقف النمو الخضرى	١٠°م
يجب التهوية عند	٢٥ــ٢٧°م

(٣) قمر (١٩٨٧)

درجة الحرارة الواجب توافرها داخل البيوت البلاستيكية أثناء زراعة الطماطم :

فترة النمو	نهار مشمس	نهار غائم	ليــلا
الخريف (نوفمبر /ديسمبر)	٢٤ــ٢٦	٢٠ــ٢٢	٣ ــ١٦
الشتاء (ديسمبر /فبراير)	٢٢ــ٢٤	١٨ــ٢٠	١٢ــ١٤
ربيع مارس حتى نهاية الموسم	٢٦ــ٢٨	٢٠ــ٢٢	١٥ــ١٧

جدول رقم (٢١)
درجات الحرارة « المثلى » لنباتات الصوب
(Hanan et al 1987)

نباتات الزينة النبات	درجة الحرارة		ملاحظـــــــات	مرجـــع
	نهارا	ليلا		
الأستر	١٣-١٥	١٠	درجة الحرارة للأصول	Ball 1975
الأزاليا		١٠	درجة حرارة بيئة النمو والهواء	Larson 1975
	١٧-٢٧	١٥	١٣ °م للنمو الخضرى	Larson 1975
	١٨-٢٦	١٣(١٣-١٨)	أكثر الأصناف ١٨ °م أو أعلى لبدء	Love Criley
	١٦-١٨	١٦-١٨	التزهير وبعضها عند ١٦ °م تتأثر	1975
			بالضوء ومنظمات النمو .	
نباتات المرقد		١٠-١٦	أعلى فى النهار ذى الغيوم بمقدر	
			٣-٥ °م	
			أعلى فى النهار الصحو بمقدار ٥ °م	
	١٨		أنبات الستتوديا والكوليوس-	Dietz 1976
			والفلوكس- والفربينا .	
	٣-٥	١٠-١٦	درجات النهار الزيادة عن درجات	
			الليل للأيام المغيمة أو الصحو -	
			الأستر - البجونيا - التتوريا -	
			الكوليوس - الجيرانيوم - البيونيا .	
		١٦	درجة مثلى ليلا حتى تنقل- الأستر-	Dietz 1976

تابع جدول (٢١)

نباتات الزينة النبات	درجة الحرارة نهارا	درجة الحرارة ليلا	ملاحظات	مرجع
			ابلسم – الكوليوس – الجيرانيوم – البتونيا – السالفيا – العربينا – الزينيا.	
القرنفل	١٦، ١٨–١٩	١٠	للنباتات بالتربة دفىء حتى ١٧ وبرد عند درجة حرار النهار العليا.	Holley 1971
	١٧، ١٩–٢١	١١–١٢	نباتات بالتربة مع إضافة دفىء حتى ١٨ وبرد عند درجة حرارة النهار العليا .	Holley 1971
	١٨، ٢١–٢٢	١٢–١٣	نباتات فى بيئات خاملة مع دفىء، حتى ١٨ وبرد عند درجة حرارة النهار العليا .	Holly 1971
كريزانثيم	١٨	١٦	الحد الأدنى ليلا والحد الأقصى نهارا	Ball 1975
	١٧–١٨–٢١	١٧	الدرجة الصغرى نهارا للايام المغيمة والعليا للصحو – كريزانثيم فى القصارى	Ball 1975
نباتات			١٨ للنمو السريع حتى ٢١ ١٦ لوقف النمو	Hastings
الأيزيس		٣٢ ٩	لمدة ١٠ أيام لاسراع تكون البراعم الزهرية	
		١٠–١٤	حرارة اختبار النبات تتوقف على الصنف	
الورد	٢١ ، ٢٤	٢٧–٢٩	١٦ الحد الأدنى نهارا للأيام المغيمة، ٢٤ للصحو الحد الأعلى للمعاملة	Mastslez 1959
	٢٢، ٢٤، ٣٠	١٧	دفىء حتى ٢٢ ثم تبرد عند ٢٧ التهوية عند ٣٠ ° م ابتداء من ١ نوفمبر حتى ١ مايو	Goldsbeery & Holley 1966
التيوليب		١٧	حرارة التخزين للأبصال سابقة التبريد	Dehertogh 1973

تابع جدول (٢١)

نباتات الزينة النبات	درجة الحرارة نهارا	درجة الحرارة ليلا	ملاحظات	مرجع
		١٣-١٦	حرارة التخزين للأبصال التى لم تبرد حتى الزراعة	Dehertogh 1973
		٧ ، ١٩	حرارة قبل التبريد حسب مد التزهير	Dehertogh 1973
	-	١ - ٢	زراعة الشتلة قبل الأحبار يبدأ بالدرجة العليا	Dehertogh 1973
		١٨-١٦	حرارة الأحبار حسب مد التزهير لا تزد حرارة النهار عن ٣°م	Large 1972
الخس	١٦-١٨-٢١	٢-١٠-١٣	حاصلات الخريف المدفأة ، ٢١ للصحو نهارا تقل الى ١٨ ثم ١٦ - ليلا ١٣ حتى التورد	Large 1972
	١٣ ، ١٦	١٣	تهـوية عند ١٦ ثم دفىء عند ١٣ - محصول شتوى	Large 1972
	٢١، ١٨، ١٦، ١٣	١٠	شتوى ، تهـوية عند ٢١ ، دفىء حتى ١٦ مع دفىء حتى ١٣ ثم تهـوية ند ١٨ بدون .	Large 1972
	١٠-١٦	٧	شتوى ، عند تكوين القلب تهوية عند ١٦ دفىء عند ١٠	Large 1972
	١٦-٢١	١٣	ربيعى النباتات الصغيرة	
	١٠-١٦	٧	ربيعى خفض الحرارة حتى درجة الليل تدريجيا ، دفىء حتى ١٠ تهوى عند ١٦	
الطماطم	٢١، ٢٢، ٢٤، ٢٦	١٤-١٦، ١٦-١٧	الدرجات العليا للأيام الصحو والصغرى للغيوم	Brooks 1973

تابع جدول (٢١)

نباتات الزينة	درجة الحرارة		ملاحظـــات	مرجـــع
	نهارا	ليلا		
حاصلات أخرى		٢٩	الإنبات	
		١٦	حتى الشتل	
		١٣-١٨	لأنتاجالشتل ، ١٨ أفضل	
		٣٥	أنبات الذرة والخيار والكوسة والبطيخ	Tayama 1975
		٣٢	أنبات الكنتلوب	Tayama 1975
		٢٩	أنبات الكرنب والباذنجان والفلفل	Tayama 1975
		٢٧	أنبات القرنبيط	Tayama 1975
		٢٤	أنبات الخس والبصل	Tayama 1975
		١٦-٢١	أنبات – الحرارة أفضل قرب ١٦	
	+٣- +٥	٤ -١٠	أنتاج الشتلات للبصل . أزرع عند ٧ °م حتى الشتل ٣-٥ أعلى نهارا .	Dietz 1976
	+٣ - +٥	٧ -١٣	أنتاج شتلات الكرنب .	Dietz 1976
	+٣ - +٥	١٣-١٨	أنتاج الشتلات الباذنجان والفلفل أزرع عند ١٦ حتى الشتل .	Dietz 1976

التحكم فى حرارة المحلول المغذى

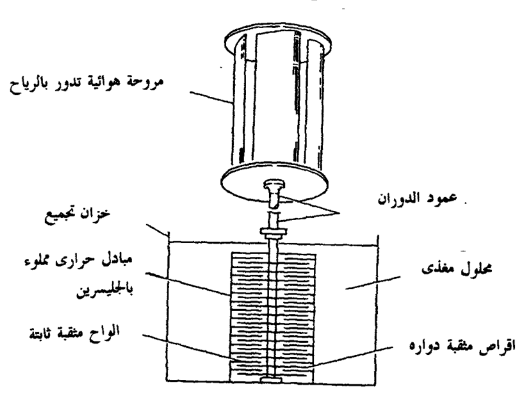
لو سخن المحلول المغذى فى الحوض الجامع فإن المحلول الدائر يمكنه أن يوصل الحرارة الى المحصول . وأبسط طريقة لتحقيق ذلك هى غمر سخان كهربائى مرتبط بثرموستات فى الحوض الجامع للتحكم فى درجة حرارة المحلول . والتكلفة الرأسمالية لهذه الطريقة منخفضة غير أن نفقات التشغيل عالية جدا بل قد تكون أغلى طريقة لتسخين المحلول . ويلاحظ عدم استخدام سخان نحاس حتى لا يذوب من النحاس شيء يضر نمو النبات . وقد تغمر أنابيب من الحديد غير القابل للصدأ فى المحلول المغذى بالحوض الجامع ثم يمرر مياه ساخنة فى هذه الأنابيب أو بخار من غلاية تعمل بالزيت أو الغاز أو الفحم . وتحت الظروف الإنجليزية فى الصوب وجد أن استخدام ١٢ متر من الأنابيب الحديدية غير القابل للصدأ ذات قطر ٥ سم مناسب لمنشأة NFT مساحتها ٠,٤ هكتار عندما يمر البخار خلال الأنابيب المغمورة فى الحوض الجامع . ويتم التحكم فى معدل تدفق الماء الساخن أو البخار عن طريق ثرموستات فى المحلول حيث يمكن أن نحصل على درجة الحرارة المرغوبة للمحلول المغذى .

وفى المناطق ذات الإشعاع الشمسى العالى حيث يكون هناك انخفاض فى درجة حرارة الهواء ليلا ، يحسن تسخين المحلول الغذائى ليلا . وفى هذه الظروف تستخدم غلاية تعمل بالطاقة الشمسية . حيث تمر المياه من خزان وتمر خلال مستقبل شمسى Solar Panel بالنهار وتخزن طاقة الحرارة الشمسية Solar Heat فى الماء . أما فى الليل فلا يمر الماء الساخن خلال المستقبل الشمسى ولكنه يمر خلال الأنابيب المصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ فى المحلول المغذى فى الحوض الجامع مع استخدام ثرموستات للتحكم فى درجة حرارة المحلول . ومادمنا قد سخنا المحلول فى الخزان فيجب أن يعزل الخزان نفسه حتى لا تفقد الحرارة بسرعة وكذا الحال فى قنوات الغشاء المغذى فإذا كان العمل فى الهواء المطلق فيجب العزل كاملا ، أما اذا كان فى الصوبة فيكون العزل لمنع فقد الحرارة بطريق الحمل الى الأرض . وقد صممت قنوات الغشاء المغذى القياسية التى سبق أن وصفناها على أساس توفر إمكانية العزل .

كما يمكن استخدام طاقة الرياح لتخزين الحرارة فى خزان الماء . ويتم ذلك باستخدام التجهيزات الموضحة فى شكل رقم ٢٦ التى انتجت للاستخدام فى

نظم الغشاء المغذى ، وفى هذه الطريقة يتم تحويل طاقة الرياح الى طاقة حرارية . ويتكون الجهاز من اسطوانة تدور بدفع الهواء مثبت فى قاعها قضيب يدور مع الاسطوانة وينقل حركتها الى مجموعة من الأقراص ذات الثقوب مجتمعة فى شكل اسطوانى فينتج عن دورانها احتكاك مع الجليسرين الذى ترتفع درجة حرارته نتيجة لهذا الاحتكاك وتغمر الاسطوانة السفلى المحتوية على الأقراص والجليسرين فى حوض المحلول المغذى فتنتقل الحرارة من الجليسرين الى المحلول . وهذه أكفأ طريقة بدلا من تحويل طاقة الرياح الى طاقة كهربائية ثم بعد ذلك تستخدم الطاقة الكهربائية لايجاد الحرارة .

وبذا يمكن تسخين الماء الموجود فى خزان التخزين المعزول باستخدام كل من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح .



شكل رقم (٢٦) : مولد حرارة بقوة الرياح

متابعة الحالة الغذائية لنباتات

الغشاء المغذى

أوضحنا فى موقع آخر من هذه الصفحات ضرورة متابعة تركيز العناصر المغذية ورقم ال pH فى المحلول المغذى والتغير فى محتوى المحلول من العناصر المغذية أو الحموضة ينعكس مباشرة على النبات . فمتابعة خواص المحلول المغذى عامل أساسى . ومادامت هذه الخواص (تركيز العناصر والحموضة) لم تتغير تغيرا هاما عما كانت عند بدء تشغيل الغشاء فإننا نتوقع بكثير من التأكد أن النبات ينمو طبيعيا وأنه لا يعانى نقصا أو زيادة فى أى عنصر من العناصر المغذية . فحالة النبات الغذائية انعكاس مباشر لخواص المحلول المغذى .

وبالإضافة الى متابعة تركيز العناصر المغذية والحموضة بالمحلول المغذى يجب على المشرف على مزرعة الغشاء المغذى أو أى طريقة أخرى للزراعة بدون أرض أن يتابع النبات نفسه خصوصا اذا ظهرت عليه بعض الأعراض التى يشك أنها ناتجة عن اضطراب غذائى .

تشخيص نقص العناصر المغذية

رغم أنه يسهل على الزارع تمييز النبات السليم من النبات الذى يعانى من نقص الغذاء الا أننا ننصح الزراع باستشارة متخصص ، فالأعراض التى تظهر على النباتات قد تختلط على الشخص العادى فلا يستطيع أن يفرق بين نقص عنصر وآخر ، وقد يضيف عنصرا بإعتبار أن نقصه هو سبب ظهور الأعراض بينما هذا العنصر موجود بالنبات بنسبة كافية وأن الأعراض ناتجة عن نقص عنصر آخر أو لظروف أخرى تؤدى الى ظهور هذه الأعراض . ويحدث ذلك كثيرا بالنسبة للعناصر الصغرى ومعروف أن زيادة من هذه العناصر قد تضر النبات ضررا شديدا .

والمتخصص عادة لا يقرر سبب الأعراض على النبات من مجرد النظر اليها بل يقوم بأخذ العينات من بيئة النمو ومن أوراق النبات لتحليلها ، ومن نتائج التحليل الكيميائى والأعراض التى تظهر على النبات يمكن أن يعرف العنصر الذى يجب إضافته والصورة الكيميائية التى تحتوى على هذا العنصر ويستطيع النبات الأستفادة منها ، والمقدار المناسب الذى يضاف .

ومتابعة الحالة الغذائية للنبات لا تستلزم ظهور أعراض غير عادية على هذا النبات ، فظهور الأعراض يدل على أن النقص فى عنصر أو عناصر قد بلغ حدا أثر على مظهر النبات وبالتالى سوف يؤثر على المحصول ، بينما يسعى الزارع ويحرص دائما على أن يوفر للنبات أفضل وأوفق ظروف النمو ليحصل على أعلى انتاج منه . ومن أجل ذلك يتابع عن طريق المتخصص فى تغذية النبات بصفة مستمرة الحالة الغذائية للنبات وبيئة النمو (المحلول المغذى) حتى لا تظهر على النباتات أعراض نقص أحد العناصر المغذية .

(أ) تحديد نقص العناصر المغذية بواسطة الأعراض الظاهرية

نقتضى للقيام بالتشخيص البصرى معرفة الأعراض التى تظهر على النبات عند نقص أو زيادة بعض العناصر المغذية . والتشخيص البصرى مقترنا مع الطرق الأخرى (التحليل الكيميائى للبيئة والتحليل الكيميائى للنبات) يكشف عن سبب ظهور الأعراض التى تدل على معاناة النبات وبالتالى يمكن إدخال التعديلات اللازمة فى تغذيتها .

والتشخيص البصرى يقوم على أساس أن النقص أو الزيادة فى العناصر المغذية التى امتصها النبات من بيئة النمو يؤديان الى تغيرات ظاهرية مختلفة فى شكل النبات وخاصة بكل عنصر وناتجة عن الاختلال فى العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية .

خطوات العمل :

تعمل احصائية تستند على المشاهدات البيولوجية فتسجل الأعراض الظاهرة للنقص على النباتات المزروعة فى أوساط غذائية تنقصها بعض العناصر المغذية . ويسجل وصف دقيق لأى انحراف فى نمو وتطور النبات ، لون ولمعان وحجم وشكل الأوراق ، وكذا الأوصاف المورفولوجية الأخرى الخاصة بالنباتات المزروعة التى أضيف اليها جميع المواد المغذية الضرورية . ويرسم فى سجل خاص النبات بالألوان ويجرى تحديد العنصر الذى سبب نقصه « جوع » النبات . هذا ويتم التأكد من صحة استنتاج سبب جوع أو حاجة النباتات قيد التجربة بمقارنة نتائج المشاهدة مع علامات نقص العناصر المغذية الأساسية التى سبق تسجيلها ومع الأعراض المصورة لنقص العناصر وكذلك مع نماذج .

النباتات المجففة . وجدول رقم (٢٢) يوضح دليل تشخيص نقص العناصر المغذية فى النبات .

جدول رقم (٢٢) دليل تشخيص نقص العناصر المغذية

الأعراض	يحتمل أن يكون العنصر
(أ) الأعراض السائدة هى اصفرار الأوراق :	
١ــ جميع نصل الورقة أصفر	
* الاصفرار فى الأوراق السفلى فقط يتبعها (حروق) بقع Necrotis، ثم تسقط الأوراق	النتروجين
* جميع الأوراق على جميع اجزاء النبات مصفرة وذات حواف بيح	الكبريت
٢ــ الاصفرار فى المساحات بين العروق	
* يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق الناضجة حديثا	المغنسيوم
* يظهر الاصفرار فى الأوراق الحديثة فقط	الحديد
* بالإضافة الى اصفرار ما بين العروق فى الأوراق الحديثة تظهر (حروق) بقع رمادية أو بنية فى المساحات المصفرة	المنجنيز
* ربما يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق الصغيرة تظل اضراف الورقة خضراء يتبعها اصفرار العروق وتبقع سريع يشمل نصل الورقة	النحاس
* تكون الأوراق الحديثة صغيرة وقد لا يتكون النصل وتكون السلاميات قصيرة تعطى مظهر التورد	الزنك
(ب) الأعراض السائدة ليست الاصفرار :	
١ــ تظهر الأعراض عند قاعدة النبات	
* تكون جميع الأوراق ذات لون اخضر غامق فى البداية ثم يتقزم النمو ، يظهر لون بنفسجى فى الأوراق خصوصا المسنة	الفوسفور

* حواف الأوراق المسنة تصفر ثم (تحترق) أو تتكون بقع صغيرة مصفرة تتحول الى بقع محروقة تنتشر على الاوراق المسنة — البوتاسيوم

٢ـــ تظهر الاعراض فى قمة النبات

* تموت البراعم الطرفية. تعطى مظهر المكنسة تسمك الأوراق الصغيرة وتصبح جلدية مصفرة وتظهر شقوق ذات لون الصدأ ، تليف فللينى على السوق الحديثة والازهار والحوامل الزهرية ، تتكرمش الأوراق الحديثة — البورون
* لا تتكون حواف الأوراق ، لا تنمو القمم النامية . يتكون لون أخضر فاتح أو اصفرار غير منتظم فى الأنسجة الحديثة . نمو الجذور ضعيف فيكون قصيرا أو سميكا — الكالسيوم

(ب) تحديد نقص عناصر التغذية عن طريق التحليل الكيميائى

إذا كان العنصر ضروريا لنمو النبات فمن الضرورى أن يوجد فى أنسجته بتركيز كافٍ يختلف من عنصر الى آخر حسب نوع النبات والوظيفة التى يؤديها هذا العنصر فيه . فالتركيز الضرورى من العنصر فى أنسجة النبات يعرف بالتجربة ، وقد لوحظ أن النمو يزداد بزيادة الكمية المضاقة من العنصر المختبر حتى تصبح الكمية المضافة كافية لاحتياجات النبات ، وتركيز العنصر فى النبات عند هذه الدرجة هو ما يطلق عليه « التركيز الحرج » أو القيمة الحرجة Critical Value ويمكن تحديد هذه القيمة بتوقيع نسبة العنصر المختبر ووزن المحصول الناتج فى رسم بيانى فينتج منحنى صاعد الى أعلى ثم يبدأ الوزن فى التوقف عن الزيادة بينما يستمر تزايد نسبة العنصر فى أنسجته ، وفى نقطة التحول من الزيادة فى المحصول الى ثباته نستطيع أن نحدد النسبة الحروجة للعنصر المختبر فى أنسجته . ومعرفة هذه القيمة فى نبات ما هى أساس متابعة حالة هذا النبات الغذائية بالتحليل الكيميائى للأوراق ، فإذا كنا نعرف أن هذا التركيز هو ١٠٠٠ جزء/مليون من النيتروجين فى جزء معين من صنف ما من النباتات ، فإذا أوضح التحليل الكيميائى لهذا الجزء من النبات تحت أى ظرف

أن تركيز النيتروجين يقل عن ١٠٠٠ جزء /مليون من النيتروجين دل ذلك على أن هذا النبات يحتاج الى اضافة النيتروجين حتى يصل الى التركيز الحرج .

وتعتبر الورقة من أفضل أجزاء النبات لاختبارات أنسجة النبات لأهمية الدور الذى تقوم به فى عمليات التغذية ، ففيها تتجمع العناصر الغذائية وتتحد مع بعضها ، ويبدأ توزيعها على باقى أجزاء النبات فإذا لم يستطع النبات الحصول على أحد العناصر الضرورية من بيئة نمو الجذور (لعدم وجوده أو كفايته فى المحلول المغذى) فإن العمليات الحيوية التى تحدث فى الورقة تتعطل أو تبطىء وبذا فتحليل الورقة ذو دلالة على العنصر الناقص .

ويجرى التحليل الكيميائى لأجزاء النبات بإحدى وسيلتين :

أولا : التحليل الكيميائى الجزئى

وهو عبارة عن اختبار سريع لأنسجة النبات ، فيجرى استخلاص الصورة الذائبة فى الماء مثلا أو فى أحد المستخلصات ، ويفترض فى هذه الحالة أن صور العنصر جميعها فى حالة اتزان ، فإذا زاد امتصاص العنصر زادت جميع صوره فى أنسجة النبات وإذا كان العنصر لا يكفى احتياجات النبات انخفضت المقادير الموجودة منه فى جميع صوره . وتقدير الصورة الذائبة فى الماء سهل وسريع ويمكن إجراؤه فى الحقل أو الصوبة مباشرة .

وتعتمد هذه الطريقة عموما على التقدير اللونى للعنصر المختبر فى عصارة النبات ، وأكثر العناصر اختبارا هى الفوسفور والنيتروجين والبوتاسيوم . ويعتمد تقدير كمية النترات والفوسفور المعدنى والبوتاسيوم فى عصير النبات على أن أيونات NO_3 ، H_2PO_4 ، K^+ تعطى مع كواشف كيميائية محددة محاليل ملونة أو رواسب . فاللون الذى نحصل عليه من النسيج يقارن مع البقع اللونية القياسية ، أما كمية المركبات المعدنية للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الموجودة بالنبات فيتم تقديرها عن طريق نظام العلامات (الدرجات) أو تعكس على شكل نسب مئوية منسوبة الى المادة الخام النباتية . ويسمح استعمال الطرق السريعة للتشخيص الكيميائى للحالة الغذائية للنبات بسرعة تقييم مستوى العناصر المغذية واتخاذ الإجراءات الممكنة لمعالجة نقصها .

ثانيا : التحليل الكيميائى الكلى للأنسجة النباتية

هو تقدير الكمية الكلية (عضوية ومعدنية) من العنصر المختبر (الذى يشك فى نقصه) فى العينة النباتية . وبمقارنة نتيجة التحليل بأرقام قياسية (القيم الحرجة) تمثل حالة الكفاية الغذائية للنبات بالنسبة للعنصر المختبر ، يمكن معرفة مدى حاجة النباتات لهذا العنصر وإصدار التوصيات المناسبة . ويحتاج ذلك الى معامل مجهزة للتحليلات الكيميائية وتأخذ وقتا أكثر من الطريقة السريعة لاختبارات الأنسجة لاعطاء التوصيات اللازمة .

ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن طريقة التحليل الجزئى هى طريقة وصفية تقريبية وفى هذا تختلف عن التحليل الكلى لأنسجة النبات الذى يعطى بيانات عن تركيز العناصر الغذائية المختتمة فى النبات بالضبط . وعلى العموم فكلا الطريقتين يمكن استخدامهما فى متابعة الحالة الغذائية للنباتات خلال موسم النمو .

تحليل الأنسجة النباتية

سبق أن أشرنا الى أنه للتعرف على محتوى النبات من العناصر الغذائية المختلفة يتبع فى ذلك طريقتان هما :

ـــ طريقة التحليل الجزئى لأنسجة النبات أو طريقة الاختبار السريع لأنسجة النبات .

ـــ طريقة التحليل الكلى لأنسجة النبات

أولا : طريقة التحليل الجزئى لأنسجة النبات (الاختبار السريع) :

يمكن قياس تركيز عنصر ما فى أنسجة النبات بعد اضافة الدلائل اللازمة لهذا العنصر عن طريق ملاحظة اللون الناتج عن الاختبار وتمييز مدى شدة هذا اللون الذى يدل على مدى توفر العنصر ، وهناك كشوف قياسية Standard Charts للألوان الناتجة من هذه الاختبارات يمكن استعمالها للحصول على تقدير تقريبى فى صورة أرقام لحالة النبات .

١ــ اختبار النيتروجين :

يوضع قطاع عرضى من عضو الكشف النباتى (عنق الأوراق أو حواف الأوراق أو الساق) على شريحة زجاجية غير شفافة وتوضع عليه قطرة واحدة من ١٪ محلول داى فينيل أمين Diphynilamine (محضر فى حامض الكبريتيك المركز) . فنجد أن النترات الموجودة فى عصارة النبات تتفاعل مع المادة المضافة لتعطى لونا أزرق تختلف شدته بإختلاف تركيز النيترات فى النبات الذى يقارن مع الكشف القياسى Standard Charts للنيتروجين . واذا كانت النيترات شديدة الإنخفاض ، يكون القطاع فى البداية عديم اللون ثم يظهر اللون القهوائى البنى وبالتدريج يتحول الى اللون الأسود . ومن المهم ملاحظة لون أوراق النباتات عند إجراء اختبار النيترات إذ أن نقص النيتروجين فى النبات مرتبط باصفرار الأوراق وخاصة الأوراق السفلى .

٢ــ اختبار الفوسفور :

توضع قطعة من ورق الترشيح على شريحة زجاجية ثم يوضع على ورقة الترشيح ١ــ٢ قطره من محلول موليبدات الأمونيوم Ammonium Molybadate . يوضع القطاع النباتى فى مركز البقعة المتكونة على الورقة ويضغط عليه من الأعلى بواسطة يد زجاجية ، يرفع القطاع النباتى وعلى بقعة العصير المتبقية على ورقة الترشيح توضع قطرة واحدة من محلول كلوريد القصديروز Stannous Chloride (١٠ جم كلوريد قصديروز /٢٥ سم حمض يد كل) حيث ينتج عنها لون أزرق تختلف شدته باختلاف تركيز الفوسفور الموجود بعصارة النسيج النباتى . فإذا كان اللون الأزرق غامقا كان النبات غنيا بالفوسفور وإذا كان اللون أزرق متوسط كان النبات لا يحتاج الى التسميد . وإذا كان اللون أزرق فاتح الى أخضر مصفر دل ذلك على حاجة النبات الى الفوسفور . هذا ويجب مراعاة لون أوراق النبات عند إجراء إختبار الفوسفور حيث نجد أن نقص الفوسفور يسبب تلون الأوراق بلون أحمر قرمزى .

٣ــ اختبار البوتاسيوم :

توضع ورقة ترشيح على شريحة زجاجية ويوضع عليها قطاع من عضو الكشف . ثم يضغط على القطاع بيد زجاجية حتى خروج العصر على ورقة

الترشيح . يرفع القطاع عن الشريحة وتوضع قطرة واحدة على كل من القطاع وورقة الترشيح من مادة أمينات داى بيكريل المغنسيوم Dipicril Aminate وقطرة واحدة من حامض الهيدروكلوريك . ويقارن اللون الظاهر على شكل بقعة على كل من القطاع وورقة الترشيح مع الكشاف القياسى للبوتاسيوم . هذا ويتكون عند وجود البوتاسيوم أمينات داى بيكريل البوتاسيوم ذو لون أحمر يميل الى الاصفرار ولا يذوب فى حامض الهيدروكلوريك .

ثانيا : التحليل الكيميائى الكلى لأنسجة النبات

للقيام بتحليل أنسجة النبات لمعرفة تركيز كل عنصر غذائى فيها يجب أن تكون العينة النباتية المعدة للتحليل فى حالة صالحة لتقدير العنصر المراد معرفة تركيزه . والاعتبارات الواجب مراعاتها عند اختيار العينات النباتية وتجهيزها للتحليل يمكن تلخيصها فيما يلى :

١ــ تفحص المزرعة من جميع النواحى المتصلة بالنباتات حتى يمكن الوصول الى فكرة واضحة عن مصدر الضرر . ويعتمد فى ذلك على الأعراض التى قد تبدو على النباتات وحالة الاصابة بالحشرات والأمراض .

٢ــ تؤخذ عينات أوراق (سواء سفلية أو علوية) بحيث تكون ممثلة لمختلف أجزاء الوحدة الزراعية (جميع قنوات نظام الغشاء المغذى المنزرعة بالمحصول الواحد) ويحسن تحاشى النباتات التى تختلف عن بقية النباتات .

٣ــ يجب مراعاة الانتظام فى أخذ العينة ــ أى اذا قررنا أخذ العينة من الورقة الثالثة العليا فيجب مراعاة ذلك بدقة فى كل عينة نأخذها .

٤ــ تغسل عينات الأوراق فى أطباق من البولى اثيلين فى محلول تنظيف ١,٠٪ فى طبق أول ثم فى ماء مقطر فى طبق ثانٍ ثم فى ماء Deionized فى طبق ثالث .

٥ــ عند تمام الغسيل توضع الأوراق النباتية على ورقة تجفيف لامتصاص المياه العالقة بالأوراق النباتية ثم توضع فى صوانى خاصة بالتجفيف وبعد ذلك توضع الصوانى فى فرن ذى تيار هوائى شديد تحت درجة ٦٥°م لمدة ٤٨ ساعة .

٦ــ بعد تمام التجفيف تطحن عينات الأوراق فى طاحونة نباتات **Agate Mill** مناسبة ويجب تنظيف الطاحونة جيدا بعد كل عينة ، ثم يحفظ المسحوق فى برطمان ذى غطاء مع تركه مفتوحا لمدة ٢٤ ساعة فى فرن ذى تيار هوائى على درجة ٦٥°م ثم يقفل بإحكام وهو ساخن وتحفظ فى مكان بارد جاف حتى التحليل الكيميائى . هذا بجانب لصق ورقة بها البيانات الخاصة بالعينة على جدار الزجاجة من الخارج .

(أ) تقدير النيتروجين الكلى فى العينة النباتية :

يوجد النيتروجين فى النبات على صور عديدة منها الأمونيوم ، النترات ، الأمينات ، والأميدات . ولتقدير النيتروجين الكلى يلزم تحويل كل هذه الصور الى صورة واحدة يقدر النيتروجين بواسطتها . ويتم ذلك بواسطة مخاليط هضم تقوم بأكسدة جميع المواد العضوية الموجودة فى الأنسجة النباتية وفى نفس الوقت تحول النيتروجين الموجود الى صورة الأمونيوم . وتقدر الأمونيوم الناتجة بعد الهضم بواسطة الطريقة الحجمية ، بتحويل الأمونيوم الى أمونيا تطرد مع البخار فى جهاز كلداهل ، حيث تستقبل الأمونيا المتطايرة فى حامض بوريك (٤٪) وتحسب بعملية المعايرة المباشرة مع محلول حامض الكبريتيك .

خطوات العمل وحساب النتائج :

عملية الهضم ــ تؤخذ عينة جافة على الميزان الحساس بحدود ٠,٥ جم وتوضع فى دورق كلداهل ذى حجم ٥٠٠ سم^{٣} ، يضاف ٥ مل من خليط حامض السلسليك والكبريتيك ٥٪ (٥ جم حامض سلسليك / ١٠٠ مل حامض كبريتيك مركز) ، ويتم مزج محتويات الدورق جيدا ويترك لمدة $\frac{١}{٤}$ ساعة . يضاف ٠,٢٥ جم من ثيوكبريتات الصوديوم **Sodium Thiosulfate** ثم يسخن الدورق قليلا على لهب ضعيف لمدة $\frac{١}{٤}$ ساعة ثم يترك ليبرد . بعد ذلك يضاف $\frac{١}{٢}$ جم من مخلوط كبريتات النحاس والبوتاسيوم (٣ : ١) و ٥ مل حامض كبريتيك مركز . بعد ذلك يتم التسخين بالتدريج ثم تزداد قوة التسخين والاستمرار فى الهضم حتى تبيض محتويات الدورق . وبعد انتهاء الهضم تترك الدوارق لتبرد .

عملية التقطير ــ يضاف حوالى ١٠٠ مل ماء مقطر الى دورق الهضم ، يضاف ٤٠ مل محلول من هيدروكسيد الصوديوم (٤٠٪) ببطىء الى الدورق ثم يثبت الدورق فى وحدة كلداهل للتقطير حيث يقفل الدورق بسدادة ينفذ منها طرف مكثف ينتهى طرفه الآخر فى دورق الاستقبال . ويوضع فى دورق الاستقبال (٢٠٠ــ٢٥٠ سم٣) ٢٥ مل من محلول حامض البوريك ٤٪ مع مراعاة أن يكون طرف المكثف مغمورا فى محلول حامض البوريك ، ويضاف الى حامض البوريك بعض نقط من دليل بروموكريزول جرين ــ ميثايل Bromocresol green-Methyl red [٢٥ مل ميثيل رد (٠,١٪ فى كحول نقى) + ٥٠ مل بروموكريزول جرين (٠,١٪ فى ماء) + ٢٥ مل كحول ايثايل ٩٥٪] . تسخن محتويات دورق كلداهل حتى الغليان ويستمر الغليان لمدة ½ ساعة ، ثم ترفع أنبوبة المكثف من المحلول فى دورق الاستقبال لمدة دقيقة ثم يغسل من الخارج بالماء المقطر ويبعد دورق الاستقبال عن جهاز التقطير .

عملية المعايرة ــ يتم معايرة محتويات دورق الاستقبال مع محلول حامض كبريتيك ٠,٠١ ع حتى يصبح لون الدليل أخضر ويسجل حجم الحامض الذى لزم للمعايرة .

حساب كمية النيتروجين ــ يتم حساب كمية النيتروجين بالمعادلة التالية :

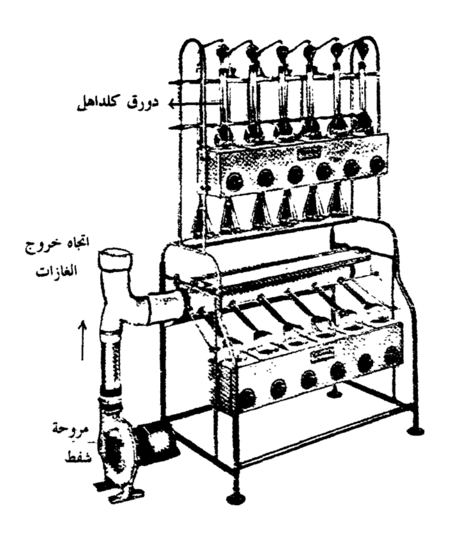
$$\%\ N = \frac{100\ (a - b) \times 0,00014}{C}$$

حيث أن :

a ــ كمية حامض الكبريتيك (٠,٠١ ع) المستخدمة فعلا فى المعايرة (سم٣) .

b ــ كمية حامض الكبريتيك (٠,٠١ ع) المستخدمة فعلا فى معايرة المقارنة (سم٣) .

C ــ وزن العينة بالجرام ، 0,00014 ــ كمية النيتروجين (جم) المطابقة لكل ١ سم٣ من حامض الكبريتيك ٠,٠١ ع ، المستخدم لتثبيت الأمونيا .



شكل رقم (٢٧) ــ جهاز كلداهل لتقدير النيتروجين

ويوضح الشكل رقم ٢٧ وحدات الهضم والتقطير لجهاز ماكر وكلداهل المستخدم فى التقدير وترتبط فيه وحدة الهضم بمروحة شفط للتخلص من أبخرة الأحماض الناتجة من عملية الهضم وأيضا دوارق كلداهل المُستخدمة .

(ب) تقدير الفوسفور ، البوتاسيوم ، الحديد ، الزنك ، المنجنيز ، والنحاس :

يتم تقدير هذه العناصر فى مستخلص مجهز بعد هضم عينة المادة النباتية بواسطة خليط من الأحماض المركزة (النيتريك ، البيركلوريك ، الكبريتيك) بنسبة ٥ : ٢ : ١ مع التسخين حتى يحدث هدم للمادة العضوية وخروج العناصر الغذائية المعدنية فى صورة ذائبة فى المحلول الحامض .

تجهيز المستخلص :

تؤخذ عينة نباتية على الميزان الحساس بحدود ٠,٥ جم وتوضع فى كأس ذات حجم ١٠٠ سم^3 أطول قليلا من الكأس العادى ، يضاف ١٠ سم^3 من خليط الأحماض المركزة (النيتريك ، البيركلوريك ، الكبريتيك) باحتراس ، ويتم مزج محتويات الكأس بشكل جيد ، ثم التسخين على مسخن كهربائى فى غرفة غازات مغلقة لمدة ٥ دقائق . يوقف حرارة المسخن عند بدأ ظهور الأبخرة البنية الكثيفة وتترك العينة ١٠ دقائق لإتمام عملية الأكسدة ثم يستمر فى التسخين ثانيا ببطىء على حرارة منخفضة حتى انتهاء صعود الأبخرة البنية وبداية ظهور أبخرة بيضاء ، استمر فى التسخين حتى انتهاء تصاعد الأبخرة وحتى تصبح محتويات الدورق رائقة تماما . وفى حالة احتفاظ المحلول بلونه الأصفر أو البنى الغامق فيجب التبريد وإضافة ٢ مل من المخلوط الحامضى والتسخين مرة ثانية ، كما يجب عمل مقارنة فى الوقت نفسه فتضاف نفس الكميات من الخليط الحامض وتعامل بنفس الخطوات ، لكن بدون اضافة المادة النباتية . يتم تبريد العينات بعد انتهاء الحرق ثم يضاف الماء المقطر وتنقل المحتويات كميا خلال ورقة ترشيح الى دورق معيارى (١٠٠ سم^3) ثم يكمل الحجم بواسطة الماء المقطر حتى العلامة . ويعتبر هذا المحلول هو الأساس لتقدير العناصر المطلوبة السابقة .

١ــ تقدير الفوسفور :

يؤخذ ٥ سم^3 من المحلول الأساسى بواسطة ماصة وتوضع فى دورق معيارى حجمه ٥٠ سم^3 ، يضاف له ١٠ سم^3 من خليط كاشف الفوسفور ويمزج جيدا ويكمل الحجم الى العلامة . وبعد مرور $\frac{1}{2}$ ساعة من ظهور اللون يتم قياس الكثافة الضوئية للمحلول على جهاز الالكتروفوتوميتر Electrophotocolorimeter باستخدام موجه ضوئية طولها ٤٧٠ ملليميكرون .

ولتحضير المحاليل القياسية ، يصب فى عشرة دوارق (حجم كل منها ٥٠ سم^3) ٥ مل ماء مقطر ، ثم تضاف الكميات المبينة فى الجدول التالى من المحلول النموذجى الأساسى ، الذى يحتوى ١ سم^3 منه على ٠,٠٥ ملجم فوسفور ، ثم يضاف ١٠ مل من كاشف الفوسفور . تخلط محتويات الدوارق

جيدا ويكمل الحجم الى العلامة بالماء المقطر . ويتم توضيح نتائج قياس الكثافة الضوئية المقدرة بعد $\frac{١}{٢}$ ساعة من ظهور اللون فى الجدول .

نموذج التسجيلات الخاصة بتحضير المحاليل القياسية
لتقدير الفوسفور

رقم الدورق	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
عدد سم٣ من المحلول النموذجى الأساسى	—	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	٢٠
عدد ملجم فوسفور فى ٥٠ سم من المحلول	صفر	ر١	ر٢	ر٣	ر٤	ر٥	ر٦	ر٧	ر٨	١
الكثافة الضوئية المقاسة على الجهاز										

واعتمادا على الكثافة الضوئية المقدرة للمحاليل القياسية الملونة يرسم منحنى أحداثه الأفقى تركيزات الفوسفور فى ٥٠ سم٣ من المحلول ، وأحداثة الرأسى الكثافة الضوئية لكل تركيز ، وبواسطة هذا المنحنى البيانى يتم إيجاد كمية الفوسفور (ملجم) الموجودة فى ٥ سم٣ من المستخلص الأساسى (a) وتحسب كمية P_2O_5 كنسبة مئوية بواسطة المعادلة التالية :

$$\% \; P_2O_5 \; \frac{a \times v \times 100 \times 2.29}{b \times w}$$

حيث أن :

a — كمية الفوسفور فى ٥ سم٣ من المستخلص الأساسى ،
v — حجم المحلول الأساسى (١٠٠ سم٣) ،
b — حجم المحلول الأساسى المأخوذ للقياس (٥ سم٣) ،
w — وزن العينة النباتية (ملجم) ،
2.29 — ثابت تحويل P الى P_2O_5

المحاليل الكيميائية المطلوبة للتقدير :

ــ **المحلول القياسى للفوسفور :** ويحضر بإذابة ٠,٢٢٩٤ جم من KH_2PO_4 المعاد تبلوره فى قليل من الماء المقطر فى دورق معيارى سعته لتر ثم يكمل الحجم بالماء المقطر الى لتر . يحتوى ١ مل من هذا المحلول على ٠,١ مليجرام فوسفور .

ــ **خليط كاشف الفوسفور :** ويحضر بنسبة ١ : ١ : ١ من المحاليل التالية : حامض النتريك المخفف (١ : ٢) ، محلول فانادات الأمونيوم المحمض Acidified ammonium vanadate ويحضر بإذابة ٢,٥ جم من الملح فى ماء مغلى ويبرد ويضاف له ٩٠ سم^3 من حمض النيتريك المركز ويكمل الحجم الى لتر واحد فى دورق معيارى ، أما المحلول الثالث فهو إذابة ٤٥ جم من موليبدات الأمونيوم Ammonium molybdate فى ماء ساخن ثم يكمل الحجم الى لتر .

طريقة التحليل بجهاز قياس اللون :

يعتمد التحليل بقياس اللون على أساس مقارنة لون المحلول الأساسى (المراد تقدير التركيز فيه) مع لون محاليل قياسية ذات تركيز معروف من المادة المراد تقديرها .

والنظرية القياسية للون تعتمد على فكرة اسقاط شعاع من الضوء ذو موجة تناسب لون محلول العينة المراد قياسها عن طريق استعمال مرشح ضوئى Filter تنفذ منه هذه الموجة فقط وعندما يسقط هذا الضوء الوحيد الموجه فقط على العينة فإنه يمتص بواسطة المحلول (العينة) بدرجة تتناسب مع تركيز اللون بهذا المحلول ، وبمعنى آخر سوف يمر وينفذ جزء من هذا الضوء خلال المحلول . وتتناسب كمية الضوء النافذ عكسيا مع تركيز اللون بالمحلول .

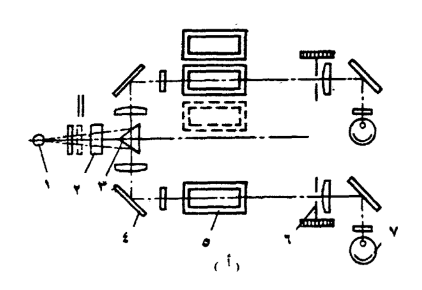
وهناك أجهزة خاصة لقياس الكثافة الضوئية للمحاليل المختلفة تعمل بالتيار الكهربائى تسمى بالـ Electrophoto colorimeter وعادة ما تكون القراءة على هذه الأجهزة تعبر عن نفاذية الضوء Transmitance وهو عكس الامتصاص Absorption .

والخطوة الأولى فى استعمال الطرق اللونية للقياس هو عمل خط بيانى قياسى Standard Curve يحدد العلاقة بين تركيز العنصر المراد تقديره وقراءات الجهاز (سواء كانت نفاذية أو امتصاص) ويجرى ذلك بتحضير سلسلة من التركيزات المختلفة للعنصر ابتداء من الصفر (ماء مقطر) الى أعلى تركيز يحتمل وجوده (أو حسب حساسية الطريقة) ثم تكوين اللون فى هذه المحاليل المحضرة المعروفة وقياسها بالجهاز بنفس الطريقة التى سوف تتبع مع العينات . ثم عمل رسم بيانى يوضح العلاقة بين التركيز والقراءة على أن يستخدم هذا الرسم فى معرفة تركيز العنصر فى العينة المجهولة بعد قياسها على الجهاز ومعرفة نسبة النفاذية أو درجة الامتصاص لها .

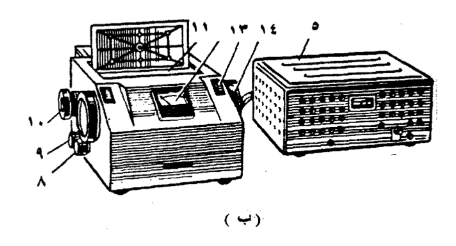
ويجرى القياس بهذه الأجهزة باستخدام مرشح ضوئى Filter يعطى موجه ضوئية تناسب لون المحلول المراد قياسه ، وهناك بعض الأجهزة مزودة بضابط خاص يمكن أن يعطى الموجه الضوئية المراد استخدامها دون الحاجة الى مرشحات ضوئية .

ويقوم نظام عمل جهاز قياس شدة الضوء الكهربائى (شكل رقم ٢٨) على أساس معادلة شدة تيارين ضوئيين ، يمرران خلال علب فيها محاليل مذيبة وملونة وبمساعدة حاجز القياس ، فالتيار الضوئى المار عبر العلبة يسقط على خلية ضوئية ، أما الفرق فى التيار الضوئى الحاصل فيسجل من خلال جلفانومتر . وعند تساوى التيارات الضوئية وبالتالى شدة الضوء فإن مؤشر الجلفانومتر سيكون صفر .

وتغذية الجهاز بالتيار تتم من المصدر . ويمر التيار الضوئى من فتيلة لمبة التوهج عابرا مجموعة من العدسات المركزة والمرايا والزجاجيات خلال مرشحات ضوئية (فلترات) . ويتم اختيار المرشح الضوئى بحيث أن قابليته القصوى لتمرير الضوء تتوافق مع القابلية القصوى للامتصاص الضوئى من قبل المحلول الملون . هذا وهناك أنواع مختلفة من أجهزة قياس الشدة الضوئية التى تعمل بالكهرباء .



(أ)



(ب)

شكل رقم (٢٨) : الشكل التخطيطى (أ) والشكل العام (ب)
لجهاز قياس الشدة الضوئية الكهربائية من نوع FEK-56M

١ ــ مصدر الضوء
٢ ــ مرشح (فلتر) الضوء.
٣ ــ منشور
٤ ــ مرآة .
٥ ــ علبة
٦ ــ الحاجز .
٧ ــ الخلية الضوئية .
٨ ــ عتلة تثبيت الحساسية .
٩ ــ عتلة تثبية (الصفر الكهربائى) .
١٠ــ عجلة تغير المرشحات الضوئية .
١١ــ مجال وضع العلب .
١٢ــ أمبير ميتر صغير .
١٣ــ لوحة قياس الكثافة الضوئية .
١٤ــ عجلة العد .
١٥ــ موجه يعمل على استقرار التيار الكهربائى .

٢ـ تقدير البوتاسيوم :

يؤخذ من مستخلص العينة النباتية (المحلول الأساسى) السابق تجهيزه حجم يكفى التقدير ويكون ذلك فى حدود ٢٠ سم^3 ويوضع فى كأس حجمه ٥٠ سم^3 ، وفى كؤوس أخرى يتم وضع المحاليل القياسية السابق تحضيرها ويجرى القياس فى جهاز تقدير الطيف Flame photometer ، يتم تحضير المحاليل القياسية عادة فى عشر دوارق معيارية (سعة ١٠٠ سم^3) ، حيث تصب فيها الحجوم المختلفة من محلول كلوريد البوتاسيوم القياسى والمحضر مسبقا والذى يحتوى كل ١ سم^3 منه على ١ ملجم بوتاسيوم (هذه الحجوم مثبته فى الجدول التالى) ، ومن ثم تكمل الدوارق بالماء المقطر للعلامة وترج جيدا .

نموذج تسجيل المعطيات عند تحضير المحاليل القياسية لتقدير البوتاسيوم

رقم الدورق	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
حجم محلول كلوريد البوتاسيوم القياسى (سم^3)	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
محتوى البوتاسيوم (ماجم) فى ١٠٠ سم^3 من المحلول القياسى	ـ	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
قراءات الجهاز										.

ويرسم المنحنى البيانى الذى يمثل العلاقة بين تركيزات البوتاسيوم (K) بالمليجرام لكل ١٠٠ سم^3 من المحلول القياسى (أفقيا) وقراءات مؤشر الجهاز رأسيا ، وتحسب كمية البوتاسيوم من المعادلات التالية :

$$\% K = \frac{a \times 100}{w}$$

$$\% K_2O = \frac{a \times 100 \times 1.2}{w}$$

حيث أن :

a ـــ كمية البوتاسيوم (ملجم) فى ١٠٠ سم[٣] من المحلول والتى يتم الحصول عليها من المنحنى البيانى بعد تثبيت قراءة الجهاز للمحلول الأساسى ،

w ـــ وزن العينة النباتية (ملجم) ،

1.2 ـــ ثابت تحويل K الى K_2O

المحاليل الكيميائية المطلوبة للتقدير :

ـــ يحضر المحلول القياس الأساسى للبوتاسيوم بإذابة ١,٩ جم من كلوريد البوتاسيوم KCl النقى فى الماء وفى دورق حجمى (لتر واحد) ويكمل الحجم الى العلامة ـــ هذا المحلول يحتوى ١ مل منه على ١ ملجم K .

التحليل الفوتومترى باستخدام اللهب Flame Photometry :

أن الطريقة الفوتومترية باستخدام اللهب هى احدى طرق التحليل الطيفى القائمة على أساس قياس شدة الاشعاع بمساعدة الخلية الضوئية ، حيث يظهر هذا الاشعاع عند استثارة ذرات العنصر فى اللهب . ويتم ادخال المحلول المراد تحليله بمساعدة الهواء المضغوط على شكل رذاذ الى فتيلة المصباح . ويتم فصل الطيف الأكثر تميزا للعنصر المراد تقديره عن الطيف العام للهب بمساعدة المرشحات الضوئية ثم يتم توجيهه الى الخلية الضوئية . وأن شدة التيار الضوئى المتكون تتناسب طرديا مع تركيز العنصر المراد تقديره وتقاس بواسطة الجلفانومتر .

إن تركيز العنصر المراد تقديره فى المحلول الأساسى يتم تحديده بواسطة مؤشرات الجلفانومتر الخاص بالجهاز عن طريق المقارنة مع قيمة شدة التيار الضوئى الناتجة عن ادخال المحاليل القياسية ذات التراكيز المعروفة الى اللهب . ولأجل وضع الخط البيانى يتم تحضير مجموعة من المحاليل القياسية ذات التراكيز التصاعدية للعنصر المراد تقديره فى حدود التراكيز المراد تقديرها للمحاليل الأساسية .

هذا ويجب أن يتم قياس كل من المحاليل الأساسية والقياسية تحت ظروف عمل الجهاز الواحد . هذا ويختلف تصميم أجهزة قياس الشدة الضوئية

Flame Photometers المستخدمة فى المعامل الزراعية ، الا أنها جميعا تتكون من الوحدات الأساسية التالية :

١ــ وحدة التغذية وتحتوى على محلول موازن .
٢ــ ضاغط هواء .
٣ــ منظومة اعطاء الخليط الغازى من الشبكة أو الأنابيب . علما بأن الضغط العملى للبروبان والبيوتان هو ١٥ــ٨٠ ملم عمود ماء ، وللأستيلين ١٠٠ــ١٨٠ ملم عمود ماء .
٤ــ الرشاش المتكون من جهاز الامتصاص وغرفة الرذاذ وغرفة الخلط .
٥ــ وحدة الاشتعال مع منظم الوهج .
٦ــ المنظومة البصرية مع مرشحات ضوئية خاصة بالعناصر المراد تقديرها ذات الامرار الأقصى للبوتاسيوم ٧٦٦ ، الصوديوم ٥٨٩ ، الليثيوم ٦٧١ ، الكالسيوم ٦٢٠ نانومتر ($١٠^{٩}$ متر) .
٧ــ خلية ضوئية ذات مقوى للتيار الضوئى .
٨ــ ميكرو أمبيرومتر ذو منظم للحساسية .

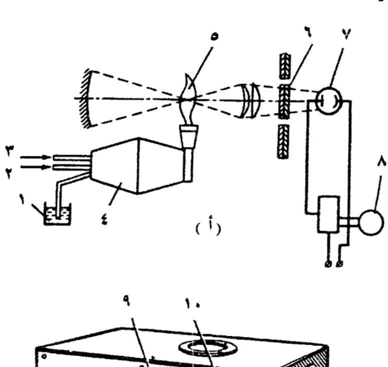
وفى الشكل رقم (٢٩) يوضح تخطيط ومنظر عام لجهاز قياس شدة الضوء العامل باللهب Flame Photometer . والشرح المفصل لطريقة قياس شدة الضوء باستعمال اللهب وأساليب العمل على الأجهزة عادة ما تحتويها التعليمات الخاصة بكل جهاز .

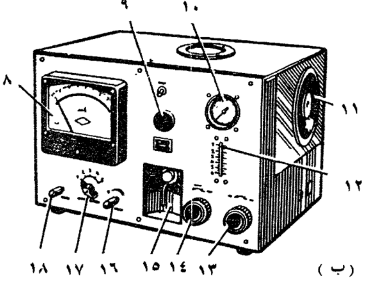
٣ــ تقدير الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس :

يؤخذ من مستخلص العينة النباتية (المحلول الأساسى) السابق تجهيزه حجما يكفى التقدير ويكون ذلك فى حدود ٣٠ سم^{٣} ويوضع فى كأس حجمه (٢٥ــ٥٠ سم^{٣}) ، وفى كؤوس أخرى يتم وضع المحاليل القياسية السابق تحضيرها للعنصر المراد إختباره ويجرى القياس فى جهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrophotometer .

يرسم منحن بيانى يمثل العلاقة بين تركيزات العنصر المراد قياسه على المحور الأفقى وقراءات مؤشر الجهاز التى تعبر عن نفاذية أشعة الضوء ذات طول الموجه الخاص بكل عنصر (Transmition) على المحور الرأسى . ويستخدم هذا

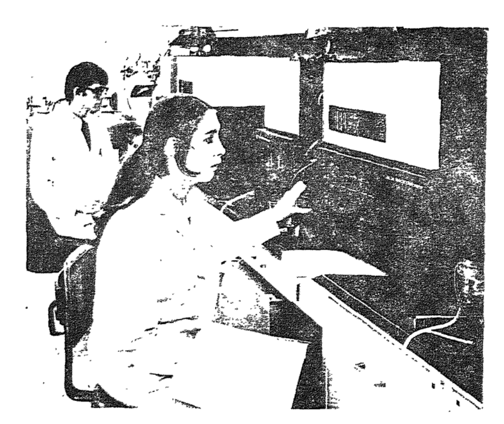
الرسم فى معرفة تركيز العنصر فى العينة المجهولة بعد قياسها على الجهاز ومعرفة نسبة النفاذية لها .





شكل رقم (٢٩) : الشكل التخطيطى (أ) والشكل العام (ب)
لجهاز قياس الشدة الضوئية باللهب FPL-1

١ ــ المحلول الخاضع للدراسة ، ٢ ــ دافع الغاز ،
٣ ــ دافع الهواء ، ٤ ــ الخلاط ،
٥ ــ لهب الشعلة الغازية ، ٦ ــ الفلتر الضوئى ،
٧ ــ الخلية الضوئية ، ٨ ــ مايكرو امبير ،
٩ ــ فتحة للملاحظة ومراقبة اللهب ، ١٠ــ جهاز قياس ضغط الهواء (مانومتر)،
١١ــ عجلة تغيير الفلترات الضوئية ، ١٢ــ مانومتر الغاز ،
١٣ــ لولب التحكم فى غلق وفتح الغاز ، ١٤ــ لولب التحكم فى غلق وفتح الهواء ،
١٥ــ فتحة لاعطاء المحلول المراد تحليله ، ١٦ــ عتلة فتح وغلق الحساسية ،
١٧ــ مفتاح السيطرة على الحدود ، ١٨ــ عتلة تحديد الصفر .



شكل رقم (٣٠) : منظر عام لجهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى

طريقة التحليل باستعمال سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى :

التحليل باستعمال جهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى أحد الطرق الفوتومترية باستخدام اللهب وهذا الجهاز سهل الاستخدام لتقدير العناصر خاصة الموجودة بتركيزات منخفضة جدا . وتتلخص طريقة تشغيل هذا الجهاز فى استثارة ذرات العنصر الموجودة فى المحلول فى لهب ينتج من احتراق خليط الهواء والاستيلين (على سبيل المثال) ، وهناك أجهزة تستخدم خليطا مختلفا من الغازات . وبمرور ضوء معين لكل عنصر (لكل عنصر لمبة خاصة تسمى الكاثود) خلال هذا اللهب (بعد فصل الطيف الأكثر تميزا للعنصر المراد تقديره ذى طول موجة معينة) الذى به ذرات العنصر محترقة ومثاره يحدث امتصاص لجزء منها (حسب التركيز الموجود من العنصر) ثم يقاس الجزء المتبقى الذى لم يحدث له امتصاص خلال خلية ضوئية Photocell بواسطة جلفانومتر . وشكل رقم (٣٠) يوضح منظر عام لجهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrophotometer . هذا ويسمح

بالعمل على هذا الجهاز فقط للأشخاص الذين سبق أن تم تدريبهم على مثل هذه الأجهزة . والشرح التفصيلى لطريقة استخدام هذا الجهاز عادة تحتويها التعليمات الخاصة لكل جهاز .

التسميد بثانى أوكسيد الكربون*

فى تقنيات الغشاء المغذى يحتوى المحلول المغذى جميع العناصر الضرورية لتغذية النبات بالقدر والنسب التى تلائم كلا منها واذا اتجه ذهن الزارع الى اضافة ثانى أوكسيد الكربون كعامل يزيد الانتاج فإن ذلك يكون مرتبطا بوجود وحدات الغشاء المغذى داخل الصوبة .

تحصل النباتات على الكربون من غاز ثانى أوكسيد الكربون الموجود بنسبة ٠,٠٣٪ فى الهواء الجوى ويتم ذلك بانتشار الغاز خلال ثغور الأوراق — وقت انفتاحها — الى داخل الورقة ثم الى داخل خلايا النبات حيث يستخدم هو والماء فى وجود الطاقة الضوئية فى تكوين الكربوهيدرات وهى عملية التمثيل الضوئى أو الكلوروفيلى وتنتقل هذه الكربوهيدرات بعد ذلك من الورقة الى مختلف أجزاء النبات وتتحول الى المركبات اللازمة للنمو .

وظروف النمو داخل الصوبة قد تؤدى الى استهلاك ثانى أوكسيد الكربون من هوائها فتقل نسبته فيه ، وقد عرفت العلاقة بين تركيز ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء وشدة الضوء والتمثيل الضوئى من سنوات عديدة وأوضحت الدراسات أن الإنتاج يتحسن فى الصوب المغلقة بزيادة تركيز ثانى أوكسيد الكربون فى هوائها بشرط زيادة الاضاءة فيها .

العوامل التى تؤثر على امتصاص أوراق النبات لثانى أوكسيد الكربون :

يتأثر المقدار الممتص من ثانى أوكسيد الكربون بواسطة أوراق النبات بعدد من العوامل :

١ـ نوع وصنف النبات :

النباتات ذات الإنتاج العالى من النشويات مثل الذرة تحتاج الى مقادير من

* يرجع الى تفصيلات أوفى عن هذا الموضوع فى كتاب « الزراعة المحمية » ، عبد المنعم بلبع وآخرون ، دار المطبوعات الجديدة .

ثانى أوكسيد الكربون أكبر من غيرها التى لا تنتج هذا القدر الكبير من الكربوهيدرات .

٢ـ شدة الإضاءة :

التركيزات المرتفعة من ثانى أوكسيد الكربون لا تفيد فى الإضاءة المنخفضة فالإضاءة أمر أساسى فى عملية التمثيل الضوئى وقد اتضح أن أقصى قدر من التمثيل الضوئى لأوراق أنواع مختلفة من النباتات عند شدة ضوئية ٢٠٠٠ شمعة /قدم وذلك فى المستويات العادية من ثانى أوكسيد الكربون ، ويزيد التمثيل الضوئى بزيادة تركيز ثانى أوكسيد الكربون فيكون أقصى قدر من التمثيل الضوئى للورد فى حالة ٥٠٠ جزء /مليون عن ثانى أوكسيد الكربون إذا كانت شدة الضوء ٣٤٠٠ شمعة ـ قدم فإذا زاد تركيز ثانى أوكسيد الكربون الى ١٠٠٠ جزء /مليون لا يزيد التمثيل الضوئى إلا إذا ازدادت شدة الضوء الى ٤٠٠٠ شمعة ـ قدم .

٣ـ شدة الرياح :

تؤثر أساسا على انتشار ثانى أوكسيد الكربون من كتلة الهواء الى الورقة .

ومادام حديثنا عن النباتات داخل الصوب فيكون أثر هذا العامل معدوما .

كما توجد عدة عوامل اخرى ذات تأثير على امتصاص النبات لثانى أوكسيد الكربون مثل كفاية الماء ، تركيزات ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء ، مقاومة انتشار الغاز خلال ثغور الأوراق ، المعاملات السابقة للنبات ، عمر الورقة ، درجة الحرارة وغيرها .

حقن ثانى أوكسيد الكربون فى هواء الصوبة :

يعاجل نقص ثانى أوكسيد الكربون داخل الصوبة ، أو فى حالة الرغبة فى زيادة تركيزه ـ التسميد به ـ بحقنه فى الهواء الداخل للصوبة وهى عملية تحتاج الى مراعاة العديد من العوامل أهمها الحرارة والضوء .

وقد أوضحت نجوى شحاته وزملاؤها (١٩٨٠) زيادة نمو نباتات فول الصويا والذرة الشامية فى حجرات نمو Growth Chambers بزيادة ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء الداخل الى الحجرات وأشاروا أن العامل المحدد للزيادة نتيجة الحقن كانت الإضاءة ومستوى التسميد بالنيتروجين .

طرق الحقن بثانى أوكسيد الكربون :

ـــ إنحلال المادة العضوية .
ـــ ثانى أوكسيد الكربون المسال .
ـــ حرق الغاز الطبيعى فى مواقد خاصة لمد الصوبة بثانى أوكسيد الكربون .

ويحقن ثانى أوكسيد الكربون فى الصباح الباكر ويستمر حتى غروب الشمس ، ويلاحظ أن الماء أحد نواتج الأحتراق فتزداد الرطوبة .

ويجب أن تكون عملية الحقن تحت المراقبة فيقدر ثانى أوكسيد الكربون فى هواء الصوبة ويستخدم لذلك جهاز خاص .

ولتوفير الكربون للنبات فثانى أوكسيد الكربون هو المركب الرئيسى فى عملية التمثيل الضوئى التى ينتج عنها محتوى النبات من الكربوهيدرات . اتجهت الإختبارات الى رش النباتات بالميثانول الذى أتضح أنه سريع التحول الى سكر واحماض أمينية بنفس سرعة تحول ثانى أوكسيد الكربون ، وفى طريق التحول الى سكر وأحماض أمينية أوضحت بعض الدراسات باستخدام البكتريا والفطر أن الميثانول يتأكسد الى فورمالدهايد ثم يتحول الى فركتوز ٦ ـــ فوسفات .

وقد أوضح نونومورا وبنزون Nonomura & Benson, 1992 أن محصول كل من الطماطم والفراوله والباذنجان والقطن والقمح وغيرها قد زاد بنسب تتفاوت بين ٥٠٪ و ١٠٠٪ نتيجة رشها بالميثانول مع توفير الضوء الكافى بتعريضها لضوء الشمس ، أما فى حالة وجودها فى الظل فلم يتحسن المحصول فى بعضها وظهر على بعضها الآخر أعراض التسمم .

منظمات النمو

تستخدم منظمات النمو فى الزراعة الحقلية وفى البيوت الزراعية لتشجيع أو تثبط أو تحور بعض العمليات الفسيولوجية فى النبات فهى إحدى وسائل التحكم فى النمو . وغنى عن القول إنها مواد سامة اذا استخدمت بجرعات تزيد عن القدر المناسب منها .

وليس هناك ما يمنع استخدام منظمات النمو فى نباتات الغشاء المغذى طبقا للوظيفة التى تؤديها وحسب ظروف النباتات النامية خصوصا نباتات الزينة والخضر .

وتختلف الاستجابة لمنظمات النمو حسب نوع النبات والجزء المعامل منه ومرحلة نموه ومقدار ونوع المركب المستخدم .

وتستخدم منظمات النمو رشا على الأوراق أو فى صورة رذاذ Aerosols أو تعفر بها النباتات أو تحقن بها .

ومنظمات النمو مجموعات من الكيماويات تؤدى كل مجموعة منها وظيفة معينة .

فالأوكسينات والجبريلينات والسيتوكينيات وينطوى تحتها عديد من المركبات تعتبر مشجعات للنمو ومنها :

حامض إندول الخليك	Indol Acetic Acid (IAA)
حامض الفانفتالين الخليك	Alpha Naphthalene Acetic Acid
حامض اندول البيوتريك	Indol Butyric Acid (IBA)

ويقلل سقوط الثمار .

أما تراى ايودو البنزويك Tri Iodobenzoic Acid فيشجع التزهير والإثمار المبكر ، وقد يحور شكل الورقة والنبات ويزيد كفاءة عملية البناء الضوئى .

ويعتبر مبيد الحشائش 2, 4 D و 2, 4, 5 T من مركبات الأوكسينات ويستخدم محلول الأوكسينات فى كحول الايثايل ثم يخفف الى ٥٠٠ أو ٥٠٠٠ جزء /مليون ويغمس النبات أو العقل فى المحلول بسرعة وتستجيب كثير من نباتات الزينة لهذه المعاملة (عقل الكريزانثيم والقرنفل والجاردينا وغيرها فى محلول ٥٠٠ــ٥٠٠٠ جزء /مليون) .

وقد يمزج الأوكسين مع بودرة التلك وتغمس قاعدة الشتلة فى المخلوط ويتخلص من الزائد ويستخدم ١,٪ ــ ١٪ أو مخلوط ١,ــ٣,٪ فى حالة العقل الحديثة .

وتوجد مخاليط المسحوق أو المحلول فى عبوات خاصة بالأسواق . وأوضحت أحدى الدراسات أن استخدام جرعات ملائمة من 2,4-D مع بعض العناصر الصغرى يزيد معدل النمو فى بعض الحاصلات .

وينسب **للجيريللينات** مجموعة من التأثيرات على النباتات مثل :

ـــ قطع طور السكون فى أعضاء النبات المختلفة .
ـــ تشجيع الإثمار البكرى .
ـــ تشجيع الأزهار فى بعض نباتات النهار الطويل وحث التغيرات التى تنسب للتقسية بالتبريد فى بعض النباتات .

وتستخدم الجيريللينات فى انتاج بذور الخيار الهجين F_1 وكسر طور السكون فى بذور البطاطس حديثة الحصاد . واقترح معاملة نباتات الزينة لاحداث العديد من التغيرات المطلوبة . وقد اتضح أنه يزيد حجم ازهار الجراثيوم عند استخدامه بتركيز ٢٥٠ــ٥٠٠ جزء /مليون لإسراع نمو نباتات الجيرانيوم والفوشيا وزيادة طول أغصان أزهار الكريزانثيم .

وتشجع السيتوكينات Cytokinins انقسام الخلايا واستطالتها ، وأوضحت بعض الدراسات أنها تطيل عمر الخس وبعض الخضر الورقية ويقلل البنزيل ادينين Benzyl Adenine (BA) التلف الذى ينتج عن التبريد أثناء النقل وكان تأثيره اكثر وضوحا على الأزهار غير الناضجة وبذا قد يمكن جمع هذه الأزهار فى طور مبكر .

وقد شجعت بعض السيتوكينيات (بنزيل أمينوبيورين 6-Benzyl aminopurine (PBA) نمو البراعم الجانبية لعدد من نباتات الزينة .

وتؤدى المعاملة بالكينتين Kinetin مع (1 A A) الى تحوير النمو فى مزارع أنسجة قمة النباتات .

وكما تؤدى منظمات النمو السابق الإشارة اليها الى تشجيع النمو توجد منظمات النمو التى تثبط نمو النباتات منها :

ـــ هيدرازايد الماليك Maleic hydrazide تمنع انقسام خلايا القمة المرستيمية .

ـــ توجد نحو سبع مجموعات من المواد التى تعوق استطالة النبات وتجعل النبات اكثر مقاومة للعطش منها النيكوتنيوم ومركبات الامونيوم والهيدرازين والفوسفونيومات والكولينات وأحماض السكسينيك مثل Succinamic acids والانسيميدول Ancymidol وغيرها .

وقد انتجت شركة ICI مستحلب BONZI يحتوى ٤ جم /لتر لابطاء النمو فيعطى نباتات قوية ذات لون داكن وأوراق أغزر دون أن يقل حجم الأزهار أو فقدها للون الذى قد يحدث عند استخدام منظمات النمو فى بعض الأحيان .

وقد أمكن انتاج كيماويات ـــ بديلات الفثلامبك Substited Phthlamic أو بدلات حامض البنزويك Substituted Benzoic Acid تحدد وقت التزهير وعدد الأزهار بكل عنقود فى الطماطم وهى فى طور تكوين الورقتين الأولين كما تتأثر الفاصوليا أيضا بهذه الكيماويات .

وقد انتجت شركة .Amchesn Products Inc مركبا اطلق عليه CEPA أو Ethephon أو Ethrel له قدرة على جعل النباتات المعاملة قادرة على انتاج اثيلين الذى يقوم مقام المعاملة بغاز الاثيلين ويستهدف دفع النبات نحو النضج خصوصا بذور الهجن القوية Hybrid ويمكن رشه على النباتات .

البيوت الزراعية

(الصوبات)

للبيوت الزراعية دور هام فى الزراعة بدون أرض وقد ورد ذكرها فى سياق حديثنا عن تقنيات الغشاء المغذى أو الهيدروبونيكس أو الزراعة فى البيئات الخاملة ، والبيانات التى نذكرها فى هذا الباب إشارة إلى النقاط الهامة فى إنشاء البيوت الزراعية ، غير أننا ننصح بالاطلاع على بعض المطبوعات[1] المتخصصة لتفصيلات أوفى عن إنشاء وادارة هذه المنشآت خصوصا وأن الإستثمارات التى تحتاجها عادة كبيرة .

تختلف البيوت الزراعية فى أشكالها وأحجامها والمواد التى تصنع منها والتجهيزات التى تحتاجها إختلافاً كبيراً ، وتختلف بالتالى الإستثمارات اللازمة لإنشائها .

قبل الشروع فى إنشاء الصوبة يجب أن تدرس جميع النواحى ذات الصلة بالإستثمارات اللازمة المستهدفة وطرق التسويق وأن يتم ذلك فى صورة دراسة جدوى تقنية وإقتصادية متكاملة .

ويتأثر إنشاء الصوبة بعدد من العوامل منها :

الموقع : يحدد ملاءمة الموقع لإنشاء صوبة عوامل كثيرة مثل أسعار الأراضى وتوفر الأيدى العاملة وتوفر مصدر للماء والقرب من الأسواق وسهولة الوصول إلى الصوبة .

المناخ : يجب أن يحصل صاحب الصوبة على تفاصيل مناخ المنطقة التى اختارها ، ولتحديد إتجاه الرياح ذو أهمية خاصة .

تضاريس الموقع : من ناحية وجود المرتفعات والمنخفضات والإنحدار .

(١) انظر كتابنا « الزراعة المحمية » ، الناشر دار المطبوعات الجديدة .

ملحقات الصوبة : تحتاج الصوبة إلى مخازن ومكاتب وغرف تبريد وموقع للشحن والتفريغ بالإضافة إلى المساحة الأصلية للصوبة .

إتجاه الصوبة : يجب أن يتوافق مع مناخ الموقع خصوصا من ناحية تقليل أثر الرياح والظل .

كما يجب أن يختار الموقع بحيث لا تتأثر الصوبة بظل المبانى أو المرتفعات أو الأشجار المجاورة وأن تستقبل أكبر قدر من أشعة الشمس .

إنشاء الصوبة :

البيت الزراعى أو الصوبة عبارة عن هيكل وسقف ، ويتم إنشاء الصوب فى مصر عادة بواسطة شركات متخصصة .

مواد بناء الهيكل :

تستخدم مواد مختلفة فى إقامة الهيكل ، وكانت الصوب سابقاً من الخشب ثم استخدم الحديد فى صناعة الهيكل ، والمادة الغالبة الآن هى الألومنيوم .

مواد غطاء الصوب :

كان الزجاج هو المادة الأساسية المستخدمة فى تغطية الصوب لما يتصف به من قدرة على نفاذ ضوء الشمس خلاله ، ثم انتشر البلاستيك ، وأكثر الأغشية البلاستيكية شيوعا هو البولى اثيلين Polyethylene وهو نسيج سمكه ٠٫٠٥ــ٠٫٢مم لا ينفذ السوائل ولا يتأثر بالأحماض أو الأسمدة أو الكيماويات الزراعية ويتحمل درجة حرارة بين - ٦٠° م حتى + ٩٥° م ، ويمكن استخدامه لمدة ٢ ــ ٤ سنوات .

ويعاب على أغشية PE أنها تنفذ الأشعة الحرارية أثناء الليل من داخل الصوبة الدافىء إلى خارجها . وقد أنتجت الصناعة PE-IR قليل النفاذية للأشعة تحت الحمراء PE-Infrared ذا لون أصفر يزيد فيتامين C فى الطماطم ، و PE بنفسجى يبكر نضج الفاصوليا الخضراء ، و PE أسود بإضافة الكربون أثناء

صناعته فلا يتأثر بالأشعة فوق البنفسجية . وهو غشاء قوى يصنع فى لفات ١٠٠٠ م وعرض ٧٥ ــ ١٢٠ سم .

كما أنتج غشاء كلوريد البولى فينيل Poly Venyl Chloride (PVC) يمكن استخدامه ٢ ــ ٤ سنوات يتحمل حرارة - ٢٠° م ومقاوم للأحماض والكيماويات ذو نفاذية للضوء ٩٠٪ يمتص الأشعة تحت الحمراء ولذا لا ينفذ الأشعة المنعكسة من داخل الصوبة ليلاً إلا بنسبة ١٠ ــ ١٥٪ ، ومنه نوع مقوى يستخدم ١٠ ــ ٢٠ سنة .

وغشاء خلات البولى فينيل Poly Venyl Acetate (PVA) يجمع بين خواص PE و PVC قليل النفاذية للأشعة تحت الحمراء غير منفذ للأشعة فوق البنفسجية UV يعتبر من الأغشية المفضلة .

البلاستيك الصلب :

تحقق هذه المواد نفاذاً أفضل للضوء وخفضا فى التكلفة ومنها :

١ــ ألواح الأكريليك وهى ذات سمك ولون مختلف وينفذ الضوء خلالها بدرجات مختلفة ويمكن التحكم فى درجة النفاذية بإضافة الألوان أو بإختلاف السمك ، مقاومة للتجوية .

٢ــ ألواح كلوريد بولى فينيل Poly Vinyl Chloride (PVC) لم تستخدم فى الصوب لعدم مقاومتها للضوء .

٣ــ ألواح البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية Fiberglass-Reinforced Plastic Panels (FRP) ، ويجب الإتفاق على مواصفاته قبل شرائه .

تصميمات البيوت الزراعية :

اتضح أن أفضل ما ينفذ أشعة الشمس هو السقف المنحنى أو نصف الدائرى . وأغلب البيوت الزراعية الأمريكية تتبع نظام الأسقف ذات القمم أو الأسقف المنحنية .

الأسقف ذات القمم المدببة :

تغطى هذه البيوت بالزجاج أو ألواح FRP كما يستعمل بعض الزراع أغشية البلاستيك المزدوجة المنتفخة بالهواء كسقف مؤقت حتى يمكنهم تركيب الغطاء المناسب المستديم .

كما يستخدم أيضاً نفس الهيكل المستخدم فى إنشاء الورش الصناعية ٤٠ × ١٦٥ م مع سقف FRP ، ويتكون من عدة أهرامات متوالية (قمم وقنوات) .

الأسقف المنحنية :

أصبحت هذه الأسقف المنحنية الشكل الغالب منذ السبعينات لإنخفاض تكلفتها عن الأسقف ذات القمم المدبية ويصلح لإستخدام الأغشية الصلبة وغيرها .

الأسقف المنفوخة :

عبارة عن غشاء ذى طبقتين يصبح صلبا وثابتا نتيجة امتلائه بالهواء ويشد غشاء ذو سمك ٦ مم على هيكل البيت الزراعى ويلحم من جميع الحواف الخارجية وينفخ بواسطة مضخة تدفع فيه الهواء بين طبقتيه .

الأنفاق :

يشيع استخدام الأغشية البلاستيكية فى هذا النوع من الصوبات ذات الهيكل المبسط ، فبدلا من « جمالون » تستخدم أقواس من المواسير المجلفنة ذات قطر ٢ ــ ٥ سم حسب حجم وإرتفاع النفق وتتوالى هذه الأقواس كل ٢,٥ ــ ٣ م حتى نهاية النفق . وهناك نوعين من هذه الأنفاق :

الأنفاق العالية High Tunnels :

يشيع استخدام الأغشية البلاستيكية فى هذا النوع من الصوبات ذات

الهيكل المبسط فبدلا من « الجمالون » التقليدى الضرورى فى حالة التغطية بالزجاج أو بألواح FRP تستخدم أقواس من المواسير المجلفنة ذات قطر ٢ ــ ٥ سم حسب حجم وإرتفاع النفق وتتوالى هذه الأقواس كل ٢,٥ ــ ٣ م حتى نهاية النفق ، ولزيادة تقوية هذا الهيكل تمد ماسورتان بطول النفق فوق سطح الأرض على الجانبين ويلحم لكل منهما الأطراف السفلى للأقواس ثم تثبت ماسورة أخرى بطول النفق مارة بوسط الأقواس وماسورتان على جانبى الماسورة الوسطى .

قد يبلغ عرض البيت الزراعى نحو ٨ ــ ٩ م وارتفاعه ٣,٢ م والمسافة بين الأقواس تتراوح بين ١,٥ ــ ٢ أو ٢,٥ م ، وتربط الأقواس مع بعضها خمس مواسير طولية قطر كل منها ٣٢ مم وسمكها ١,٥ مم ، ويوجد عادة « حمالة محاصيل » على كل قوس ما عدا القوسين الأول والأخير ، ويزود كل بيت بأسلاك مجلفنة تشد وتثبت الهيكل الخارجى ، ويجهز النفق بباب فى كل طرف ارتفاعه متران وعرضه أقل من عرض النفق يفتح إلى أعلى وداخله باب أصغر يفتح جانبيا وتجهز الأبواب بمقابض ، وعلى جانبى النفق تفتح نوافذ بطول النفق تغطى بالبلاستيك تغلق وتفتح بأداة يدوية .

الأنفاق المنخفضة Low Tunnels :

تعتبر هذه الأنفاق تبسيطا فى إنشاء الأنفاق الكبيرة ، فهيكل النفق عبارة عن أقواس من الحديد المجلفن ذى سمك ٦ مم كما يستخدم أيضا أنابيب توصيل الماء أو حديد التسليح ١٠ مم فتثنى على هيئة أقواس ، ويحدد طول السيخ أو « الماسورة » عرض النفق وإرتفاعه ويغرس ٤٠ سم من طرفى السيخ من كل جانب فى الأرض ، وتتباعد الأقواس عن بعضها بمسافة ٢,٥ ــ ٣ م ويستعمل فى تغطية النفق غشاء البولى اثيلين بطول ٢,٥ ــ ٣ م وسمك ٠,١ مم ويثبت طرفا الغشاء عند طرفى النفق تحت التربة أو يضمان ويربطان فى وتد خشبى .

ومن هذه الأنفاق المنخفضة ما يكون أقل ارتفاعا (٩٠ سم) وعرضا (١٥٠ ــ ١٦٠ سم) وتتوالى الأقواس كل ٢,٥ م ويثبت الغشاء فوق الأقواس باستخدام حلقات تم لحمها فى الأقواس وتمرير حبال خلال هذه الحلقات تزداد مقاومة الغطاء للرياح .

تجهيزات تدفئة الصوبة :

١ــ غلايات مختلفة تنتج ماء ساخنا وبخار ماء يتوزع فى أنابيب (مواسير) من الحديد على أجزاء الصوبة .
٢ــ أفران احتراق الغاز .
٣ــ أجهزة تدفئة تستخدم الأشعة تحت الحمراء .

وتوجد نظم لتوزيع البخار على جوانب الصوبة ، فوق النباتات وأسفل القنوات أو بجانبها حتى يكون توزيع الحرارة أكثر انتظاما بالصوبة وتستخدم مراوح لخلط الهواء (لتوزيع الحرارة الناتجة من الأنابيب) ويلاحظ أن وضع المراوح وسط الصوبة ، يكون منطقة أبرد نوعا فى وسط الصوبة ، ومنطقة هواء أدفأ نوعا عند الجوانب . ويحدث نفس التوزيع مع عدم انتظام دورة الهواء إذا وضعت المراوح أسفل أنابيب البخار (السربنتينه) الساخن .

ويستخدم أجهزة متعددة الأنابيب وتعطى توزيعا أفضل للهواء الدافىء داخل الصوبة .

تجهيزات تبريد الصوبة :

بتقدم التكنولوجيا تحولت التهوية اليدوية إلى جهاز يعمل ذاتيا عند الوصول إلى درجة حرارة معينة .

تتلخص التهوية اليدوية فى عمل فتحات خاصة بالسقف يخرج منها الهواء الساخن ، كما تفتح الفتحات الجانبية فتتكون حركة دائرية للهواء . ويعتبر تغيير الهواء بالصوبة كل دقيقة مناسبا ولو أن الجهاز الشائع لا يحقق ذلك تماما إنما يحرك الهواء فى نمط يلائم النباتات .

وتوجد أنظمة تهوية علوية تعمل ميكانيكيا بواسطة أداة خاصة تفتح شرائح البلاستيك وتغلقها . كما نزود الصوب أيضاً بأنظمة تهوية جانبية .

ويستخدم عدة وسائل لتبريد الهواء الداخل إلى الصوبة منها :

١ــ لبادات أو وسائد التبخير والمروحة .
٢ــ التبريد بالتظليل .
٣ــ التبريد بوساطة رزاز الماء أو الضباب .
٤ــ التبريد بحرارة الإنصهار الكامنة فى الأملاح .

وفى حديثنا عن حرارة الصوبة تقتضى الإشارة إلى ضرورة وجود مقاييس للحرارة ــ ترمومترات . توضع على إرتفاعات مساوية لإرتفاع النباتات وأفضل الترمومترات ما يسجل ــ كتابة ــ درجات الحرارة فيعرف الزارع درجة حرارة الصوبة على مدار ٢٤ ساعة .

وتثبت درجة الحرارة فى الصوبة باستخدام الثرموستات (Pneumatic thermostat) وقد بدا استخدام الأجهزة الأليكترونية لتثبيت درجة الحرارة مثل جهاز Thermister .

تجهيزات التظليل والإضاءة :

تستخدم عدة وسائل للتظليل مثل :

ــ التغطية بألواح نصف شفافة من البولى أستر المقوى بالزجاج مع شرائط من ورق الألومنيوم ، وينفذ هذا الغشاء نحو ٣٥٪ من ضوء الشمس .

ــ تنتج إحدى الشركات النمساوية أغطية بلاستيك ذات لون أخضر وتذكر أنه يقاوم التلف والإنحلال سواء بالأشعة فوق البنفسجية أو الحرارة وله نفس عمر الغطاء الأسود شائع الإستخدام ويخفض الحرارة بينما الغطاء الأسود يمتص الحرارة .

ـ استخدمت ستائر أفقية داخلية منا الألومنيوم تسمح بنفاذ نسب مختلفة من الضوء وتغطى النباتات .

ـ اقترحت الستائر المعدنية من خارج الصوبة Venecian Shades .

أجهزة قياس الضوء :

قياس الإشعاع على مدى الطيف كله معبراً عنه بوحدات مطلقة مثل الوات والارج والسعر أو وحدات قياس الإشعاع الشمسى .

أجهزة الإضاءة التكميلية :

يختلف تجهيز الصوبة بمصادر الإضاءة الإضافية بإختلاف أنواع المصابيح ، فمصابيح الفلورسنت يمكن الحصول عليها بأطوال مختلفة ذات إضاءة قياسية ، Standard ٤٠ وات عالية أو عالية جدا وغالبا تثبت داخل الصوبة فى مجاميع من اثنين أو أكثر فوق النباتات مباشرة .

وتوجد نظم تحرك مصابيح الفلورسنت بامتداد ممرات الصوبة ولو أنها تخفض تكاليف المصابيح والأسلاك إلا أنها تزيد تكلفة التشغيل الآلى .

قياس مستوى ثانى أوكسيد الكربون :

يستخدم جهاز خاص لتقدير تركيز هذا الغاز فى هواء الصوبة يتكون من مضخة يدوية صغيرة تضخ الهواء فى أنبوبة زجاجية تحتوى مادة كيميائية حساسة لثانى أوكسيد الكربون فيتغير لونها عند إمتصاصها للغاز . وتدار المضخة عددا محددا من المرات ويقاس طول الأنبوبة الذى تحول فيه اللون ويعطى هذا القياس مستوى ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء الذى مر خلال الأنبوبة ولا تستخدم الأنبوبة غير مرة واحدة .

تجهيزات البيوت الزراعية :

تجهز البيوت الزراعية بالعديد من الأجهزة والأدوات خصوصا حيث

تكون التدفئة ضرورية وعندما يراد السيطرة الكاملة على ظروف النمو وتشمل التجهيزات بالإضافة إلى التدفئة لأجهزة التبريد والإضاءة والتضبيب والحقن بثاني أوكسيد الكربون فضلا عن أجهزة القياس من ترمومترات وهيجرومترات وقياس الاضاءة وغيرها .

كما يجب أن تكون التجهيزات المكملة للصوبة قادرة على أعمال الاصلاح المختلفة ومكافحة الحرائق والوقاية منها .

إعداد الشتلات

لا ينصح عادة باستخدام البذرة مباشرة فى أى طريقة من طرق الزراعة بدون أرض فالأفضل دائما هو تنبيت البذور خارجيا ثم نقل النباتات (الشتلات) إلى قنوات الغشاء الغذى أو غيرها .

كما لا ينصح بتنمية البذرة وإعداد الشتلة فى التربة ثم نقلها إلى القنوات ولو أن ذلك يمكن اتباعه إذا كان أمراً ضرورياً ، فالشتلات التى تعد فى التربة قد تكون حاملة لأمراض فطرية مختلفة كما أن تغيير ظروف نمو الجذور تغييرا شديداً من التربة إلى الماء قد لا تتحمله الجذور . ويعمد البعض إلى تنمية الشتلات فى بيئة رملية وتغذيتها بمحلول مغذٍ يحتوى جميع العناصر الضرورية .

وكثيراً ما تستنبت البذور بين طبقات من « قماش الجبنه » المرطب بماء الصنبور أو محلول مغذٍ مخفف ، وعندما تبدأ الجذيرات فى اختراق القصرة — قشرة البذرة — تنقل إلى « شبكة إنبات » مصنوعة من قماش الشباك التى سبق غمرها فى برافين ساخن حتى تحتفظ بغشاء دقيق منه وتفرد هذه الشبكة على طبق من الإنامل ذى حجم مناسب وتربط بإحكام تحت حافة الطبق ويصب محلول مغذٍ مخفف فوق الشبكة حتى يمتلىء الطبق ويصبح المحلول ملامسا فتوضع البذور المنبتة على الشبكة فتنمو وتعطى شتلات خالية من الأمراض. ويجب ملاحظة مداومة تكملة المحلول إلى مستوى الشبكة كما كان خصوصا فى الأيام الحارة .

العناية بالشتلات :

لتقليل البخر فى حالة تنمية الشتلات فى البيئات الرملية يجب تغطية الوعاء الذى تنمو به الشتلات بطبق زجاجى أو شفام ويرفع جزئياً بمجرد انبثاق النبتات من الرمل لتحصل على حاجتها من الهواء ولكن لا يرفع كلية إذا كان الجو حارا .

ويجب تجنب الأماكن الحارة عند إنبات البذور فالحرارة الزائدة تعطى نباتات ضعيفة وأفضل درجة حرارة لفترة الإنبات هى ١٥ ــ ٢٠°م وبعد إنبات البذور فى الرمل تعرض للشمس لمدة لا تزيد عن ساعة واحدة فى اليوم الأول وتزداد هذه المدة تدريجياً حتى تقوى النباتات على البقاء فى الشمس طوال اليوم . وفى الجو الملائم يوضع صندوق الانبات فى العراء مع وجود بعض الظل .

عملية الشتل (نقل الشتلات) :

عندما يصل طول الشتلات نحو ١٥ ــ ٢٠ سم تصبح صالحة للنقل . ويجب ملاحظة الحرص الشديد عند إخراج الشتلات من الرمل حتى لا تتمزق جذورها ، والطريقة المفضلة هى إغراق الرمل بالماء لتفكيك الجذور ثم ينزع كل نبات باستخدام ملعقة ويفضل إستخدام سباتيولا خشبية .

عند غرس الشتلة فى حالة بيئات المواد الخاملة لا توجد أى صعوبة فى غرس الشتلة فيها أما فى الهيدروبونيكس فتوضع فى ثقب صغير فى الشبكة والمرقد بحيث تنفذ الجذور من خلال الشبكة السلكية لتصل إلى المحلول المغذى أسفلها . ثم تضغط على الفرشة حول النبات لتثبته . ويجب مراعاة أن يكون مستوى المحلول المغذى بحيث يغطى أطراف الجذور وأجزاء مختلفة من الجذور نفسها فى الفترة الأولى . إذ يجب ألا يغمر الجذر كله فى المحلول ، ولذا يكتفى بأن يغمر المحلول الأجزاء السفلى من الجذور وأن تترك مسافة بين قاع الصينية وبين سطح المحلول ، وبمداومة نمو النباتات يخفض مستوى المحلول .

ولا ترفع الصينية من الأوعية خلال الأسبوعين أو ثلاثة الأسابيع الأولى بعد نقل الشتلات ، وقد سبق أن أشرنا إلى أهمية أن تكون الصينية أقصر من طول الوعاء حتى يمكن تنفيذ ما يتطلبه العناية بالمحلول من عمليات .

أما فى حالة نقل الشتلات إلى قنوات الغشاء المغذى فقد سبق أن أوضحنا ذلك .

وفى حالة النباتات الدرنية يحسن إتباع الآتى :

تقطع درنات البطاطس بحيث تحتوى كل قطعة برعما أو أكثر وتوضع هذه القطع فى الرمل أو فى نشارة الخشب التى تستمر مرطبة حتى تبدأ السويقة فى البزوغ ، وتتكون الجذور فتصبح قابلة للنقل . ولما كانت الجذور فى هذا الطور شديد القصر فيجب وضع الدرنة مباشرة على سطح الشبكة السلكية فى الصينية ويضغط عليها بجزء من الفرشة . وبمداومة النمو ترفع الدرنات تدريجيا بإدخال بعض الفرشة تحتها حتى تصبح الدرنة أبعد من الشبكة بعدة سنتيمترات مع ملاحظة أن تستمر الجذور فى المحلول .

أما فى حالة الإكثار من العقل فيمكن إنباتها فى الرمل كما هى الحالة فى الزراعة بالأرض ، غير أن إضافة العناصر المغذية إلى الماء تجعل خروج الجذور أسرع وأكثر ضمانا مما لو كان ترطيب الرمل بالماء دون مغذيات .

ومن الممكن استخدام بعض الهرمونات التى تشجع نمو الجذور فى حالة الإكثار من العقل .

وفى حالة إكثار الابصال يجب لف كل بصلة على حدة فى مادة الفرشة حتى لا ينتشر العفن ولا يوجد تقنيات أخرى غير ما يتبع فى الزراعة العادية كما يحسن أن تظل حتى تبدأ الأزهار فى التفتح .

إنتاج الشتلات بإستخدام تقنيات زراعة الأنسجة :

مارس الزراع اكثار النباتات خضريا باستنبات أجزاء من هذا النبات منذ

وقت طويل ، فطريقة الاكثار بالعقلة أو بغرس فرع من النبات أو بغرس درنة ، كل ذلك أمر معروف لدى زراع الحاصلات والخضر ونباتات الزينة والأشجار على اختلاف أنواعها .

وحاول بعض الباحثين إكثار النبات بإستخدام أجزاء من الجذر أو باستنبات أوراقه ، وكانت محاولة عالم النبات الألمانى Gottliebb Heberlandt استنبات أوراق بعض النباتات الزهرية سنة ١٩٠٢ أهم هذه المحاولات التى مهدت الطريق حتى سنة ١٩٣٠ ، ومنذ هذا الوقت استخدمت وسائل متطورة أدت إلى إمكان استنبات بعض الجذور المفصولة من بعض النباتات ، وفى سنة ١٩٣٨ أمكن إنبات نسيج الكالوس Callus من الجزر .

ومنذ سنة ١٩٦٠ تقدمت طرق استنبات مختلف أنسجة النبات حتى الخلية الفردية بل وبروتوبلاست الخلية نفسها . ولم تلبث الطريقة أن شاعت ومارسها العديد من المتخصصين المدربين لإنتاج النباتات الإقتصادية على مستوى تجارى .

وتحقق طريقة إكثار النباتات باستنبات أنسجتها المختلفة عددا من المزايا التى لم تكن ميسورة بغير استخدام هذه الطريقة مثل الآتى :

- استخدام جزء صغير من النبات فى عملية الاكثار مما يسمح باكثار آلاف النباتات من نبات واحد أو على وجه الدقة من عضو واحد من النبات المختار .
- تقتضى الطريقة السيطرة الكاملة على ظروف النمو وبذا يمكن استخدامها على مدار السنة .
- يمكن تجنب التدهور فى صنف النبات الذى يصيب النبات عند إكثاره خضريا بالطرق التقليدية .
- يمكن إكثار أصناف وأنواع النباتات التى يصعب إكثارها بالطرق الخضرية التقليدية .

- إكثار أصناف خالية من المسببات المرضية خصوصا الفيروسية .
- فى مجال تربية النباتات تعتبر طريقة سريعة لإكثار الهجن الجديدة الناتجة من نبات واحد ، وكذا طريقة للحصول على نباتات أحادية التركيب الوراثى وذلك عن طريق استنبات المتك .

وفى طريقة الغشاء المغذى يقتضى الأمر الحصول على شتلات خالية من الأمراض وبذا لا ينصح بإعداد هذه الشتلات فى التربة ، فالمعروف أن التربة ملوثة بالعديد من الكائنات الدقيقة الممرضة للنبات ، فطريقة الحصول على الشتلات من نباتات نتجت من استنبات الأنسجة ، تكفل خلو هذه الشتلات من مسببات الأمراض خصوصا وأن خطوات استنبات الأنسجة تتضمن كخطوة أساسية التعقيم الكامل لكل ما يتصل بالعملية كما سنوضح ذلك فيما يلى :

من الواضح أن لفظ زراعة الأنسجة لفظ عام فأنسجة النبات التى تستخدم فى هذه التقنيات مختلفة ولكل نوع منها تقنية وشروط قد تختلف عما يتبع مع نسيج عضو آخر . وقد أمكن استخدام أنسجة من الأجزاء النباتية الآتية فى هذه التقنية :

- مزارع الأعضاء النباتية مثل قمم الأفرع الخضرية وقمم الجذور وبراعم الأوراق وبراعم الأزهار والأجزاء الزهرية غير المتكاملة ، وكذا الثمار غير كاملة النمو .
- مزارع الأجنة وفيها تستخدم الأجنة كاملة أو غير كاملة النمو بعد فصلها .
- مزارع الكالوس Callus وهى كتلة من الخلايا .
- معلق الخلايا وتتكون من خلايا تنمى على بيئات سائلة .

ويمر اكثار النباتات عن طريق استنبات الأنسجة بثلاث مراحل :

(أ) الزراعة فى وسط معقم خالٍ من التلوث .

(ب) إنقسام وتضاعف النسيج النباتى .
(جـ) تكوين المجاميع الجذرية والتهيئة لنقل النبات الجديد إلى البيئة المستديمة .

ويتطلب نمو الأنسجة والأعضاء المزروعة ـ مثل النباتات الكاملة ـ وجود جميع العناصر التى سبق ذكرها كأملاح فى المحلول المغذى وهى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والمغنسيوم والكبريت والمنجنيز والنحاس والزنك والبورون والموليبدنم . ويجب توفير غاز الأوكسيجين ويضاف الكربون فى صورة سكر على خلاف ما سبق ذكره بالنسبة للنباتات الكاملة التى تستخدم ثانى أوكسيد الكربون من الهواء الجوى ، كما يضاف إلى بيئة النمو أيضا الأحماض الأمينية ومجموعات فيتامينات وهرمونات النمو .

مراحل الاكثار Propagation stages :

سبق أن ذكرنا أنه يوجد ثلاث مراحل للاكثار بزراعة الأنسجة النباتية هى :

أولا : الزراعة فى وسط معقم خالٍ من التلوث :

فى هذه المرحلة يتم تحضير الجزء النباتى الملائم ويقتضى ذلك تعقيم السطح الخارجى لهذا الجزء النباتى للقضاء على جميع الأحياء الدقيقة الموجودة عليه ، وللتخلص من جميع أنواع التلوث . وتتم عملية التعقيم والتطهير كما يلى :

١ــ غسل الجزء النباتى جيدا بماء الحنفية بوضعه تحت تيار مائى لمدة ساعة . وفى حالة وجود طبقة شمعية تغطى السطح الخارجى لذلك الجزء ينصح بغسله بأحد المنظفات الكيميائية detergent حتى يكون هذا السطح أكثر قابلية للبلل .

٢ــ يغمر الجزء النباتى المغسول بالماء فى محلول التعقيم الذى يحتوى على

٥ ــ ٦٪ من هيبوكلوريت الصوديوم فى ماء مقطر معقم . ويختلف تركيز هذه المادة فى محلول التعقيم والفترة الزمنية اللازمة للتعقيم باختلاف أجزاء النباتات . ويضاف إلى محلول التعقيم بضع قطرات من مادة ناشرة مثل Tween 20 أو Polyoxythylene أو غيرهما لتساعد على إزالة التوتر السطحى للجزء النباتى المراد تعقيمه مع ملاحظة ضرورة تعقيم المادة الناشرة قبل اضافتها إلى محلول التعقيم باستخدام جهاز التعقيم .

٣ــ تغسل الأجزاء النباتية عدة مرات بماء مقطر معقم لإزالة ما تبقى من المادة المعقمة على السطح الخارجى للأجزاء النباتية .

٤ــ يقطع الجزء النباتى إلى أجزاء حسب الحجم المطلوب للزراعة ويزرع فى البيئة السابق تجهيزها .

ثانيا : انقسام وتضاعف النسيج النباتى :

تتبع عدة طرق لتشجيع الأجزاء النباتية على الأنقسام والنمو حتى تتكون نباتات جديدة كاملة :

١ ــ زراعة ونشوء البراعم الطرفية والجانبية :

يمكن تشجيع البراعم الطرفية والجانبية على النمو فى البيئات الغذائية بحيث ينمو البرعم الواحد ليكون فرعا واحدا أو عدة أفرع معتمدا فى ذلك على نوع النبات والوسط الغذائى . وقد يحدث أن يتكون كالوس Callus فى منطقة اتصال البرعم مع الوسط الغذائى ومن ثم تتخصص خلايا الكالوس مكونة منطقة مرستيمية تنمو وتتطور إلى أفرع Shoots . والنباتات التى تسلك هذا النوع من النمو محدودة العدد من حيث إنتاجها أو تكوينها للنباتات الكاملة بطرق زراعة الأنسجة ، بالقياس إلى تلك التى تكون الكالوس Callus . وبشكل عام فإن هذه الطريقة يمكن تطبيقها مع عدد من النباتات الخشبية Woody plants والتى لها قدرة على إعطاء براعم عرضية Adrentitions buds التى لا تنجح فى تكوين أجنة جسمية Somatic embryogensis .

٢ ـــ زراعة الأنسجة المرستيمية Meristem Culture :

تعتبر طريقة محورة لطريقة زراعة البراعم السابقة . وتتميز هذه الطريقة بانتشار استخدامها عن زراعة البراعم . والخلايا المرستيمية ذات قابلية عالية للانقسام وتكون خالية من مبادىء الأوراق leaf primordia وتقع فى الجزء المتطرف جدا من الفرع .

٣ ـــ نشوء الأفرع العرضية :

يمكن تشجيع نمو الأجزاء النباتية وتكوين نموات أخرى فى بيئات غذائية صناعية فى كثير من الأنواع النباتية . ومن هذه الأجزاء النباتية ، الجذور ، الأوراق والأفرع ... الخ . وتستخدم هذه النموات العرضية لانتاج اعداد كبيرة من النباتات . وعلى سبيل المثال فإن ورقة نباتية واحدة يمكن أن تنتج آلاف البراعم أو الأفرع وجميعها يكون مطابقا وراثيا للجزء النباتى الذى أخذ منه .

٤ ـــ تكون الجنين الجسمى Somatic Embryogenesis :

يستخدم تكوين الجنين الجسمى فى انتاج الأعداد الكبيرة من النباتات . إذ يمكن أن تتحول الخلية المفردة لتنتج جنينا أو جزءا نباتيا معينا يتحول فيما بعد إلى نبات كامل . واستخدمت هذه الطريقة بنجاح مع العديد من النباتات الراقية مثل الجزر والبيتونيا .

ثالثا : تكوين المجاميع الجذرية والتجهيز لنقل النبات الجديد إلى البيئة المستديمة :

من المحتمل أن تتكون لعدد من الأفرع الناتجة فى الوسط الغذائى جذور ، إلا أنه من الأفضل نقلها بعد تجزئتها إلى وسط غذائى آخر لتكون مجاميع جذرية جيدة ثم تنقل إلى البيئة المستديمة .

وتفقد النباتات بعد اخراجها من الوسط الغذائى ونقلها إلى البيئة المستديمة ، كمية كبيرة من الماء عن طريق الأوراق . وقد يموت بعض الأفرع بعد نقلها

إلى البيئة المستديمة نتيجة ذبول النباتات . ويمكن التغلب على مشكلة الذبول بعدة طرق كما يلى :

١ــ تعريض النباتات إلى شدة إضاءة عالية تتراوح بين ٣٠٠٠ ــ ١٠,٠٠٠ شمعة ضوئية .

٢ــ تغطية النباتات بغطاء بلاستيكى ، ويرفع هذا الغطاء تدريجيا حتى تتأقلم النباتات وفق ظروف البيت الزجاجى .

٣ــ استخدام الرى الضبابى Mist irrigation لمدة أسبوع أو اثنين بعد نقل النباتات إلى الصوبة .

مزارع الكالوس Callus Culture :

يعتمد نجاح تكوين الكالوس بصورة رئيسية على الوسط الغذائى والظروف البيئية المحيطة . ويوجد عدد قليل من الأنسجة النباتية لا يستجيب إلى تكوين الكالوس فى الوقت الحاضر .

ولقد تم تنمية وفصل الكالوس من الأجزاء النباتية للنباتات المزهرة بنجاح خاصة من ذوات الفلقتين . كما أوضحت البحوث إمكان تكون الكالوس أيضا من نباتات ذوات الفلقة الواحدة . وبشكل عام يمكن القول إن جميع النباتات لها القدرة على إنتاج الكالوس عند زراعة أجزاء منها فى أوساط غذائية مهيأة لهذا الغرض . ومن هذه الأجزاء :

١ ــ النسيج المرستيمى الوعائى Vascular Cambia
٢ ــ الخلايا البرنشيمية المخزنة Storage Parenchyme
٣ ــ منطقة الفلقات Catyledons
٤ ــ منطقة الدائرة المحيطة بالجذور Pericycle of roots
٥ ــ الاندوسبيرم Endosperm
٦ ــ النسيج الوسطى للأوراق Leaf mesophyll
٧ ــ أنسجة مرستيمية أخرى .

هذه الأجزاء يمكن أن تنمو وتعطى كتلا من الأنسجة غير المميزة وذلك إذا زرعت على بيئة مغذية تحتوى على أملاح معدنية وجلوكوز والحمض الأمينى سيستين والثيامين واندول حمض الخليك ، وتعرف هذه الأنسجة باسم الكالوس .

وقبل الحصول على نسيج الكالوس ، يجب تعقيم الجزء النباتى الذى سيفصل من النبات . فإذا كان هذا الجزء النباتى سيفصل من شتلة أو بادرة صغيرة يجب تعقيم البذرة قبل ذراعتها وتشربها للماء وانتفاخها . كما يجب إنبات هذه البذور تحت ظروف معقمة . بعد ذلك يمكن فصل العضو النباتى الملائم . باستخدام مشرط حاد معقم ثم ينقل الجزء النباتى المفصول إلى بيئة آجار مغذية . أما إذا كان الجزء النباتى الذى سيفصل ناضجا كجذر الجزر أو درنة البطاطس ، فيعقم العضو النباتى قبل فصل قطعة النسيج منه ويفضل أن يكون النسيج المفصول من داخل العضو النباتى . وتختلف المدة اللازمة لتكشف نسيج الكالوس حتى يبلغ الحجم الذى يمكن معه أخذ أجزاء منه (٥٠ ــ ١٠٠ ملليجرام) وإعادة زراعتها فى بيئة طازجة جديدة بين ٣ و ٨ أسابيع .

الوسط الغذائى القياسى :

إن تكشف نسيج الكالوس لا يحتاج إلا إلى بيئة مغذية بسيطة . هذه البيئة هى خليط من أملاح العناصر الغذائية مع السكروز كمصدر للكربون . إلا أنه فى بعض الحالات يحتاج تكشف اِلكالوس إلى العديد من المواد الأخرى الواجب إضافتها إلى الوسط الغذائى ليصبح ملائما لنموها ، ومن أهم هذه المواد المضافة إلى الوسط الغذائى الفيتامينات ، الأحماض الأمينية ، السكر الكحولى ، الأوكسينات وبقية منظمات النمو الأخرى مثل الجبرالين EDTA ، والكينتين أو الأنواع الأخرى من السايتوكاينين وبعض الخلاصات الطبيعية مثل لبن جوز الهند وكذلك قد تضاف بعض المركبات ذات التركيب المعقد مثل خلاصة الخميرة Yeast extract ، وعصير الطماطم ، ومسحوق السمك وغيرها .

وتجدر الاشارة هنا إلى أن الوسط الغذائى الملائم لنمو جزء نباتى معين ويحفزه على تكوين الكالوس ، ليس من الضرورى أن يكون ملائما لنمو وتخصص الكالوس . وعادة يضاف الآجار Agar أو الجيلاتين gelatinلمزارع أنسجة الكالوس لجعل الوسط الغذائى صلبا أو ذا قوام هلامى كما استعمل مؤخرا أنواع من الاكريل أمايد acrylamide . ويضاف الآجار إلى الوسط الغذائى بتركيز ٠,٦ ــ ١٪ (وزن /حجم) وأفضل أنواعه هو Difco Nobel .

وفى الوقت الحاضر يفضل استبعاد الأوساط الغذائية الصلبة من معظم الأبحاث واللجوء إلى الأوساط الغذائية السائلة . فقد لوحظ أن الاستفادة من الوسط الغذائى الصلب محدودة . وجدول رقم ٢٣ يوضح المحتوى غير العضوى والعضوى لبيئة تناسب نمو كالوس الجزر وكثير من الأنواع النباتية :

اعداد بيئة الزراعة :

تعتبر الأنسجة المزروعة ذات حساسية عالية للسمية التى تنتج عن استخدام كيماويات غير نقية أو استخدام ماء غير مقطر ولذا يجب الحصول على هذه الكيماويات على درجة عالية من النقاوة لتحضير البيئة ، ويفضل أن تحضر محاليل الكيماويات المطلوبة فى صورة مركزة ، وتخلط عند تجهيز البيئة بالنسبة المطلوبة ، وهذه المحاليل هى :

(أ) محلول الأملاح المعدنية المختلفة (بدون مصدر الحديد) :

ولتحضير لتر واحد من هذا المحلول Stock solution تذاب الأملاح واحدا بعض الآخر فى ٧٥٠ مل من الماء المقطر ثم تكمل بعد ذلك إلى حجم لتر .

(ب) محلول الحديد :

ويحضر محلول مركز حوالى ١٠ مرات قدر تركيز المحلول الذى سيستخدم فى البيئة ، ثم يخزن المحلول على درجة حرارة ٥°م .

(جـ) محلول يشمل الفيتامينات والجليسين :

ذو تركيز حوالى ١٠٠٠ مرة قدر تركيز المحلول النهائى الذى سيضاف للبيئة ، يقسم المحلول إلى أحجام صغيرة (٥ مل) فى عبوات خاصة تخزن فى مجمد Freazer ، فى حالة عدم توفر المجمدات يحضر المحلول طازجا عند الإستعمال .

(د) محاليل مركزة من الهرمونات كما يلى :

١ـ محلول 2,4-D : ويحضر بإذابة ٣٠ مجم من 2,4-D فى ٢ مل ايدروكسيد للصوديوم (١,ع) ثم التخفيف بالماء المقطر إلى ١٠٠ مل .

٢ـ محلول الكينتين Kinetin stock solution : ويحضر بإذابة ٧,٥ مجم كينتين فى ٢ مل حمض هيدروكلوريك (١,ع) تخفف إلى لتر بالماء المقطر .

وعند تحضير البيئة يجب عدم خلط المحاليل عشوائيا ، إذ أن ذلك قد يسبب ترسيب بعض الأملاح المعدنية ، ولكن يجب خلط البيئة بالطريقة الآتية للحصول على حجم لتر واحد من البيئة :

١ـ يضاف ٢٠ جم سكروز إلى ٦٠٠ مل ماء مقطر فى دورق سعته ٢ لتر .

٢ـ يضاف إلى ١٠٠ مل من كل من محاليل أ ، ب ، واحد مل فقط من محلول جـ مع التقليب جيدا قبل كل اضافة ويخلط مع محلول السكروز (١) .

٣ـ يصب المخلوط السابق ١ و ٢ فى مخبار سعته لتر ، يكمل الحجم إلى ١ لتر بإضافة الماء المقطر ثم يعاد المخلوط مرة أخرى إلى دورق سعة ٢ لتر .

٤ـ يضبط pH البيئة على ٥,٥ وذلك بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم أو حمض هيدروكلوريد ١,ع .

٥ــ يضاف ٥, مل من محلول 2,4-D لكل لتر بيئة .

٦ــ يضاف ٢٠ مل من محلول الكينتين لكل لتر بيئة .

٧ــ بعد ضبط pH البيئة على ٥,٥ يضاف مسحوق الآجار .

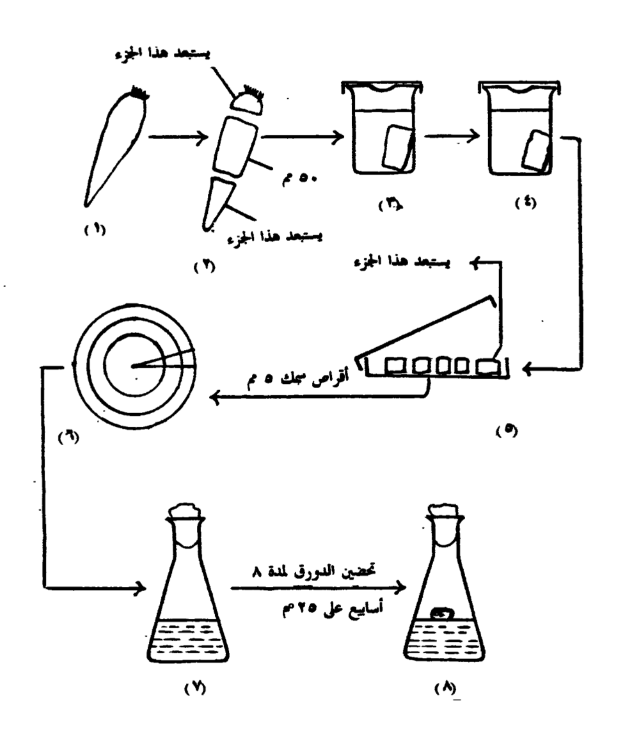
جدول رقم ٢٣

المحتوى العضوى والغير عضوى لبيئة تناسب كثير من الأنواع النباتية

المكونـــــات		المحتوى لكل لتر (بيئة (ملجم)
أملاح غير عضوية :	**Inorganic salts**	
كبريتات أمونيوم	$(NH_4)_2So_4$	٧٩٠
نترانت كالسيوم	$Ca (No_3)_2 .4 H_2 O$	٢٩٠
كبريتات مغنسيوم	$Mg SO_4 .7 H_2 0$	٧٣٠
كلوريد بوتاسيوم	KCI	٩١٠
نترات بوتاسيوم	KNO_3	٨٠
نترات صوديوم	$NaNO_3$	١٨٠٠
كبريتات صوديوم	$Na_2 SO_4 .10 H_2 O$	٤٥٠
فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين	$Na H_2 PO_4 .2 H_2 O$	٣٢٠
حمض بوريك	$H_3 BO_3$	١,٥
كبريتات نحاس	$Cu SO_4 .5 H_2 O$	٠,٠٢
كلوريد منجنيز	$Mn Cl_2 .4 H_2 O$	٦,٠
كلوريد منجنيز	$Mn Cl_2 .4 H_2 O$	٦,٠
أيوديد بوتاسيوم	K I	٠,٧٥
كبريتات زنك	$Zn SO_4 .7 H_2 O$	٢,٦
حمض مولبديك	$H_2 Mo O_4$	٠,٠٠٠١٧
مصدر الحديد :	**Iron source**	
كلوريد حديديك	$Fe Cl_3 .6 H_2 O$	٣,١
صوديوم إيثيلين داى أمينوتترا استيات	(EDTA)	٨,٠

فيتامينات ومواد أخرى :	**Vitamins, etc**	
ميزو – أينوزيتول		١٠٠
جليسين		٣ر٠
أنيورين هيدروكلوريد		١ر٠
بيريدوكسين هيدروكلوريد		١ر٠
حمض النيكوتينيك		٥ر٠
بدائل الهورمونات :	**Hormone substitutes**	
٢ ، ٤ – داى كلورو فينواوكس اسيتيك أسد		١٥ر٠
٦ – فورفوريل أمينو بيورين (كينيتين)		١٥ر٠
مصدر كربون :	**Carbon source**	
السكروز		٢٠٠٠٠
آجـــار :	**Agar**	
أوكسويد رقم ٣		٧٠٠٠

٨ـ توضع البيئة فى دوارق أو زجاجات سعة ٢ لتر وتعقم فى الاتوكلاف تحت ضغط ١٥ رطل على البوصة المربعة لمدة دقيقة ليذوب الآجار وترج البيئة جيدا ثم تصب وهى ما زالت ساخنة فى دوارق أو برطمانات (٥٠ مل /دورق) أو أنابيب الزراعة (٢٠ مل /انبوبة) . ثم تسد فوهات الأوانى بسدادة من القطن وتغطى كل منها بغطاء من الألومنيوم ثم تعقم فى الاتوكلاف لمدة ١٠ دقائق وعلى ضغط مقداره ١٥ رطل على البوصة المربعة .



شكل رقم (٣١) — خطوات تنشيط مزارع الكالوس لنبات الجذر

كيفية الحصول على نسيج الكالوس من جذور الجزر :

يمكن الحصول على نسيج الكالوس من جذور نبات الجزر باتباع الخطوات التالية :

١ـ يغسل الجذر الوتدى للجزر بالماء الجارى مع ملاحظة عدم تجريح الأسطح الخارجية له .

٢ـ تؤخذ قطعة بطول ٥٠ مم من الجزء الوسطى للجذر كما هو موضح بالشكل رقم ٣١ .

٣ـ توضع قطعة الجذر فى دورق معقم ثم تعقم بتغطيتها بمحلول كلوريد الزئبق لمدة ٣٠ دقيقة .

٤ـ تنقل قطعة الجذر إلى دورق معقم آخر وتزال آثار كلوريد الزئبق بالماء المقطر عدة مرات .

٥ـ تنقل قطعة الجذر إلى طبق بترى معقم باستخدام ملقط معقم ثم باستخدام مشرط معقم يزال قرص سمكه ١٠ مم من نهاية النسيج (وهذه تستبعد) ثم يقطع الجزء الباقى إلى أقراص بسمك ٥ ملليمترات ، ينقل كل قرص إلى طبق بترى مستقل ومعقم .

٦ـ تقطع مكعبات من القرص (حوالى ٥ ملليمتر مكعب) من منطقة الكامبيوم .

٧ـ ينقل كل مكعب من هذه المكعبات على حده ويوضع باحتراس على سطح بيئة الزراعة فى الدورق المخصص أو انبوبة الاختبار ، ثم تحضن الدوارق على درجة حرارة ٢٥° م .

٨ـ يبدأ ظهور نسيج الكالوس بعد ٢ ـ ٣ أسابيع .

٩ـ بعد ٦ ـ ٨ أسابيع يصبح من الضرورى نقل نسيج الكالوس إلى بيئة طازجة فتنقل كتلة الكالوس إلى طبق بترى معقم باستخدام ملقط معقم أيضا ، ثم تقطع كتلة الكالوس إلى قطع صغيرة (١٠٠ مجم) ، وتنقل كل قطعة على حدة إلى دورق يحتوى على بيئة طازجة .

تكون الأعضاء النباتية من الكالوس :

الكالوس كتلة نباتية غير مميزة وبدون شكل محدد ، وقد اتضح أن هذه الكتلة غير المميزة يمكن أن تتكون منها جذور أو براعم كمقدمة للنمو الخضرى حسب نسبة الاوكسين والكاينتين ، فإذا كانت نسبة الأول إلى الثانى مرتفعة أدى ذلك إلى تكون مبادىء الجذور ، أما إذا كانت نسبة الكاينتين إلى الأوكسين هى المرتفعة يزداد الميل إلى تكون البراعم الخضرية ، أما إذا كانت نسبة هذين المركبين متوسطة تستمر خلايا الكالوس غير المميزة فى النمو .

وقد اتضح أيضا أن أضافة بعض المكونات للبيئة التى ينمو بها الكالوس مثل السكر والأحماض الأمينية وأيونات الفوسفات تغير نتيجة العلاقة بين الاوكسين والكاينتين التى أشرنا إليها إلى حد ما ولكنها لا تغيرها تغييرا أساسيا .

زراعة الأعضاء النباتية Organs Culture :

(أ) الجذور Roots :

يمكن اتباع الخطوات التالية لزراعة الجذور المفصولة لنبات الطماطم :

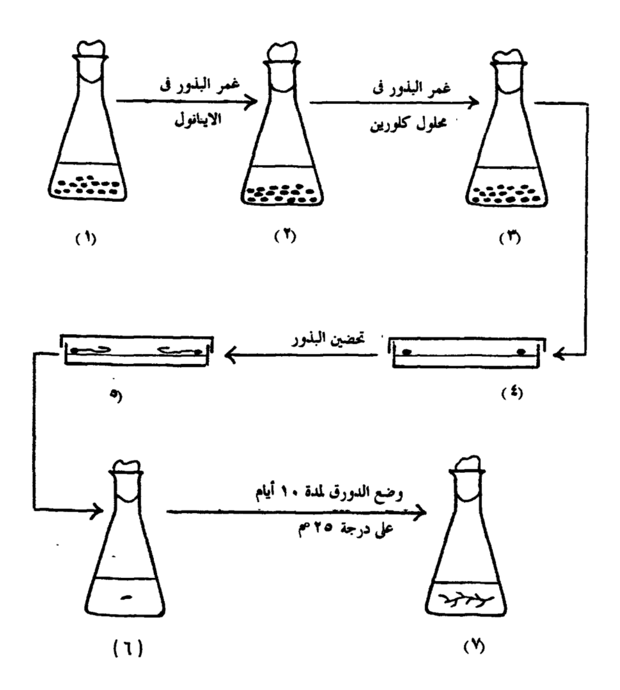
١ـ تغسل البذور بتغطيتها بكحول الايثانول ٨٠٪ لمدة دقيقة واحدة ثم نتخلص منه ونغطى البذور بمحلول الكلورين وتترك فى الدورق (سعة ١٠٠ مل) لمدة عشر دقائق مع رجه بصفة مستمرة ثم يتخلص من المحلول وتغسل البذور بالماء المقطر ثلاث مرات .

٢ـ تنقل كل ٦ ـ ١٠ بذور باستخدام ملقط معقم إلى طبق بترى معقم يحتوى على ورق ترشيح مندى .

٣ـ توضع الأطباق فى حضان مظلم لمدة ٥ أيام على درجة ٢٥°م .

٤ـ تفصل قمم الجذور بطول ١٠ ملليمتر باستخدام مشرط حاد معقم وتنقل بحذر إلى الأنبوبة المحتوية على بيئة الزراعة .

٥ــ بعد وضع المزارع لمدة ١٠ أيام على درجة ٢٥°م نجد أن قمة الجذر قد نمت واستطالت حتى وصلت إلى طول ١٠٠ ــ ٢٠٠ ملليمتر مع ظهور جذور جانبية عديدة . وإذا حدث أى تلوث فطرى أو بكتيرى فإن الجذور لا تنمو وتظهر عكارة فى البيئة .



شكل رقم (٣٢) ــ خطوات زراعة الجذور المفصولة لنبات الطماطم

ويمكن زيادة عدد مزارع الجذور بأخذ قمم الجذور الجانبية المتكونة وإعادة زراعتها بنفس الطريقة السابقة (شكل رقم ٣٢) .

اعداد بيئة الزراعة :

تحتوى بيئة الزراعة على المواد الكيمائية المبينة فى جدول رقم ٢٤ ومقادير كل منها اللازمة لتجهيز لتر واحد من البيئة . ويمكن عمل محاليل مركزة لاعداد ١ لتر من البيئة وذلك باتباع نفس الطريقة التى سبق ذكرها لاعداد بيئة الكالوس ما عدا إضافات الهرمونات والكينتين والآجار . ونخلط البيئة بالطريقة الآتية للحصول على حجم لتر واحد من البيئة :

١ــ يضاف ٢٠ جم سكروز فى ٦٠٠ مل ماء مقطر فى دورق سعته ٢ لتر .

٢ــ يضاف ١٠٠ مل من كل من محاليل أ (الأملاح المعدنية) و ب (محلول الحديد) ، واحد مل فقط من محلول جـ (الفيتامينات والجلسين) ثم تقلب البيئة جيدا قبل أى إضافة .

٣ــ يصب المخلوط السابق (١,٢) فى مخبار سعة لتر ، يكمل الحجم إلى ١ لتر بإضافة الماء المقطر ثم يعاد المخلوط مرة أخرى إلى دورق سعة ٢ لتر .

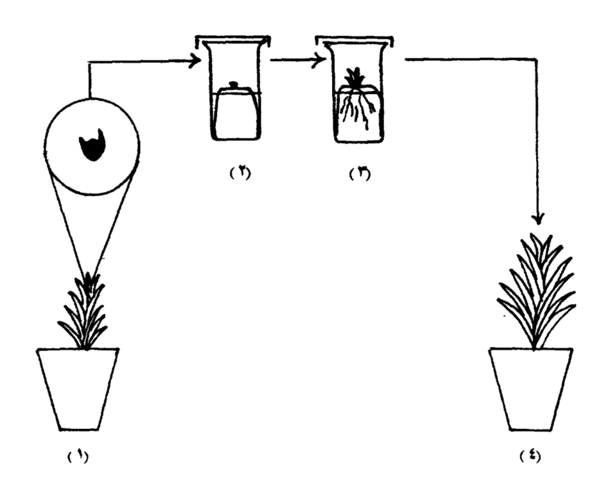
٤ــ يضبط رقم pH البيئة بحيث يتراوح بين ٤,٨ ــ ٥ وذلك بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم ٠,١ع أو حمض هيدروكلوريك ٠,١ ع .

٥ــ تصب البيئة فى أوانى الزراعة (أنابيب ــ دوارق مخروطية ــ برطمانات) بمعدل ٥٠ مل بيئة لكل إناء ، ثم تسد الفوهة بسدادة من القطن النظيف ، وتغطى السدادة بغطاء من ورق الألومنيوم ، ثم تعقم فى الاتوكلاف لمدة ١٠ دقائق وعلى ضغط مقداره ١٥ رطل لكل بوصة مربعة .

جدول رقم ٢٤
المحتوى العضوى والغير عضوى لبيئة تناسب زراعة الجذور المفصولة لنبات الطماطم

المحتوى لكل المكونـــــات		لتر بيئة (ملجم)
أملاح غير عضوية :	**Inorganic salts**	
نترات كالسيوم	$Ca(No_3)_2 .4 H_2O$	٢٩٠
كبريتات مغنسيوم	$Mg SO_4 .7 H_2 0$	٧٣٠
كلوريد بوتاسيوم	KCI	٦٥
كبريتات صوديوم	$Na_2 SO_4 .10 H_2O$	٤٥٠
فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين	$Na H_2 PO_4 .2 H_2O$	٢٢
حمض بوريك	$H_3 BO_3$	١,٥
كبريتات نحاس	$Cu SO_4 .5 H_2O$	٠,٢٥
كلوريد منجنيز	$Mn Cl_2 .4 H_2O$	٦,٠
حمض موليديك	$H_2 Mo O_4$	٠,٠٠٠١٧
أيوديد بوتاسيوم	K I	٠,٧٥
كبريتات زنك	$Zn SO_4 .7 H_2O$	٢,٦
مصدر الحديد :	**Iron source**	
كلوريد حديديك	$Fe Cl_3 .6 H_2O$	٣,١
صوديوم إيثيلين داى أمينوتترا استيات	(EDTA)	٨,٠
فيتامينات ومواد أخرى :	**Vitamins, etc**	
أنيورين هيدروكلوريد		٠,١
بيريدوكسين هيدروكلوريد		٠,١
حمض النيكوتينيك		٠,٥
جليسين		٣,٠
مصدر كربون :	**Carbon source**	
السكروز		٢٠٠٠٠,٠

★ درجة حموضة هذه البيئة = (pH = 4,8)



شكل رقم (٣٣) ــ كيفية انتاج نباتات خالية من الفيروسات
عن طريق زراعة القمم النامية للأفرع الخضرية

(ب) قمم الأفرع الخضرية Shoot tips :

لزراعة القمم النامية ــ المرستيمية ــ الموجودة فى نهاية قمة الفرع الخضرى أهمية خاصة فهذه القمم المرستيمية عادة خالية من الفيروس بينما قد يكون النبات موبوءا به . ويتبع فى هذه الحالة تقنية خاصة بزراعة هذه القمم على « قنطرة » من ورق الترشيح تثبت فوق بيئة سائلة (شكل رقم ٣٣) ، ثم ينقل النبات بعد تكون الجذور ويكون هذا النبات خاليا من الفيروس .

وعند زراعة هذه القمم تكون جذورا وأفرعا وبذا يتكون منها نبات جديد . وقد يتكون من هذه القمم كالوس يتحول إلى بادىء كورمات Protocorms تفصل كل واحدة منها وتنمى فى بيئة جديدة تعطى نباتا جديدا

ويتبع ذلك فى انتاج نباتات الاوركيد بسرعة على نطاق تجارى مع انخفاض التكلفة كما أصبحت هذه الطريقة شائعة الاستخدام فى العديد من نباتات الخضر والزينة والفراولة وغيرها .

تجهيز معمل زراعة الأنسجة :

يجب أن يلاحظ عند انشاء معمل لزراعة الأنسجة الآتى :

لما كانت عمليات زراعة الأنسجة تعتمد اعتمادا أساسيا على النظافة والتعقيم فيجب اختيار موقع على درجة عالية من النظافة بعيد عن الأتربة ويراعى فى تصميمه :

- استخدام مواد بناء تسمح بعمليات التنظيف الكامل للأرضيات والحوائط .
- يجهز المعمل بالطاقة الكهربائية ويجب أن يتوفر مولد كهربائى احتياطى يستخدم فور انقطاع التيار الكهربائى أوتوماتيكيا .
- يجهز المعمل بجهاز للتحكم فى درجات الحرارة .
- يقسم المعمل إلى مناطق طبقا لنظام العمل : موقع للغسيل والتنظيف يجاوره جهاز التعقيم ثم موقع لتخزين الزجاجيات والأدوات التى تم تنظيفها وتعقيمها ثم موقع العمل .

الأجهزة التى يحتويها معمل زراعة الأنسجة :

يحتوى المعمل على العديد من الأجهزة أهمها :

- جهاز تقطير الماء .
- الحضانات Incubators .
- المعقم Autoclave ومرشحات معقمة .
- مصابيح أشعة فوق بنفسجية .
- ميكروسكوب ، جهاز طرد مركزى ، ميزان حساس .

— أجهزة تحليل لونيا .
— جهاز تقدير رقم pH .

كما يحتوى المعمل عادة على العديد من المواد الكيميائية سواء لاعداد البيئات المناسبة أو التقديرات المعملية التى قد يحتاج إليها .

ويجاور معمل زراعة الأنسجة عادة صوبة تستكمل فيها النباتات نموها حتى الحجم المناسب لنقلها إلى البيئة المستديمة .

الزجاجـيات :

تستخدم الزجاجيات فى جميع خطوات زراعة الأنسجة واكثرها شيوعا الدوارق المخروطية Erlenmayer flasks سعة ١٠٠ مل .

ويجب استخدام زجاجيات خالية من الصوديوم Monex أو Pyrex حتى لا يحدث تسمم للنبات من صوديوم الدوارق أو الأنابيب .

وتستخدم أيضا الماصات بأحجام مختلفة ودوارق معيارية ١٠٠ مل ، ١ ، ٢ لتر وأقماع زجاجية واطباق بترى ٩ سم ومخابير مدرجة وكؤوس مختلفة الأحجام وأنابيب اختبار ذات حجوم مختلفة .

تسد فوهات الزجاجيات باستخدام قطن غير ماص ثم غطاء من ورق الألومنيوم يمنع بلل السدادات القطنية اثناء التعقيم .

تنظيف الزجاجيات :

تستخدم كثير من المعامل الكيميائية مخلوط التنظيف المكون من حامضى الكروميك والكبريتيك فتغمر فيه الزجاجيات ثم تغسل جيدا ثم توضع فى تيار ماء جار لفترة ٥ دقائق ثم تغسل بالماء المقطر المعقم مرتين متواليتين .

وقد تستخدم أيضا مساحيق تنظيف خاصة وماكينات لغسيل الأوانى مع الماء الد حن بدلا من مخلوط حامضى التنظيف ثم تنقل الزجاجيات إلى أفران خاصة حتى تجف تماما ثم تخزن بعيدا عن الأتربة .

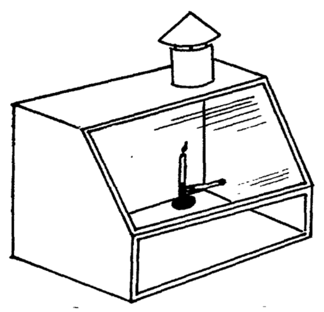
غرفة الزراعة :

إما أن يخصص غرفة تتم فيها عمليات الزراعة أو يكتفى بتخصيص منطقة بالمعمل للزراعة وذلك حسب حجم العمل .

وغرفة الزراعة أو المنطقة المخصصة لها يجب أن تكون نظيفة خالية من الأتربة ومعقمة ويتطلب ذلك الآتى :

- أن تكون جدار الغرفة والأرضية من السيراميك أو تطلى بطلاء ابيض يسمح بغسيلها بالماء .
- يجب أن يتوفر فيها الضوء بقدر مناسب حسب الحاجة .
- جهاز تكييف الهواء لا غنى عنه .
- منضدة التعقيم تقوم بتنقية الهواء المحيط بها إلى درجة عالية من النقاء . وهى مختلفة الأحجام حسب حاجة العمل ، وفى حالة تخصيص غرفة للزراعة تكون هذه المنضدة أحد مكوناتها الأساسية .
- مصابيح للأشعة فوق البنفسجية .
- تنظف منضدة الزراعة بعد كل زراعة وتغسل بالكحول اسبوعيا .
- يمكن استخدام صندوق الزراعة Inoculatin hood (شكل رقم ٣٤) إذا لم يكن حجم العمل يستحق منضدة تعقيم أو عدم كفاية الميزانية ويجب تنظيفه تنظيفا كاملا خصوصا سطحه الداخلى باستخدام قطعة من القطن المبللة بالكحول وكذا تحفظ الأدوات المعدنية فى دورق يحوى كحول .

ويجب تعقيم الجو الداخلى قبل تداول النسيج والزراعة وذلك بوضع لهب أسفل المدخنة الموجودة بسقف الصندوق .



شكل رقم (٣٤) — رسم تخطيطى لصندوق الزراعة مصنوع من شرائح معدنية وزجاج

غرفة التنمية :

بعد زراعة الأجزاء النباتية فى البيئات الملائمة لها تنقل إلى حضانات خاصة أو إلى غرف ذات درجة ثابتة التى يجب أن يتوفر فيها مصدر للاضاءة ذو الشدة المطلوبة . وفى حالة الرغبة فى تنمية اجزاء نباتية فى الظلام تغلف الأنابيب بورق الألومنيوم أو أى ورق آخر بحيث لا يتسرب الضوء إلى الوسط الغذائى .

الإصابة بالأمراض ومكافحتها

الإصابة المرضية :

عندما بدأت فكرة تقنيات الغشاء المغذى أثار المتشائمون — وكانوا هم الأغلبية — أن أحد أسباب عدم قابلية هذا النظام للتطبيق هو أن مجرد دخول أحد الكائنات المرضية قناة واحدة يؤدى إلى انتشاره خلال النظام كله عن طريق المحلول الدائر وسرعان ما يتلف كل المحصول . ولذا فاستخدام هذا النظام تجاريا مغامرة كبيرة لا يقبلها أى مستثمر .

ويجب أن نوجه النظر إلى حقيقة أن مجتمع الكائنات الدقيقة microfloral population فى قناة الغشاء المغذى يشابه مجتمع الكائنات الدقيقة فى التربة التى تحت هذه القناه .

ولكن ما هو السبب فى عدم إنتشار الأمراض بسرعة عن طريق المحلول الدائر كما كان متوقعا . أحد الافتراضات هو أن بعض الكائنات المرضية فى التربة تحتاج إلى ضرر مكيانيكى للجذر لتجد لها مدخلا فى النبات . وفى التربة يحدث هذا الضرر الميكانيكى بتلف للشعيرات الجذرية نتيجة تحرك الجذور خلال الحبيبات الصلبة فى التربة . أما فى نظام الغشاء المغذى فالشعيرات الجذرية تكون قليلة ولا توجد حبيبات صلبة ليحدث ضرر مكيانيكى فى الشعيرات الجذرية . وفى التربة يحدث الضرر الميكانيكى أيضا بالحشرات القارضة . أما فى نظام الغشاء المغذى فلا يوجد مثل هذه الحشرات فى القنوات . ولهذه الظروف والأسباب فالعدوى تقل للجذور فى نظام الغشاء المغذى .

ومن مخاوف استخدام الغشاء المغذى عند بدء زراعة الطماطم تحت الصوب هو الإصابة بفيروس موذيك الطباق Tobacco mosaic الذى يمكن أن ينتشر بسرعة لكل نبات فى المنشأة عن طريق المحلول الدائر . فالمعروف أن فيروس موذيك الطباق ينتشر بسرعة من نبات إلى نبات ، فعلى سبيل المثال ، تنتشر العدوى به عن طريق اتلاف العمال للشعيرات والسيقان وكسر الأفرع الخضرية الجانبية . ومن المعروف أيضا أن المحصول الذى يزرع فى أرض مصابة بفيروس موذيك الطباق Tobacco mosaic يحدث له عدوى . ولقد اختبر كوبر Cooper هذه المخاوف عن طريق زراعة الطماطم فى خط مفرد فى منشأة الغشاء المغذى ثم قام بعمل عدوى للنبات الأول فى بداية القناه بفيروس موذيك الطباق . وبعد فترة ظهرت اعراض المرض على النبات . وبفحص المحلول الدائر تحت الميكروسكوب الألكتورنى اتضح وجود الفيروسات فى المحلول ومن المحتمل أنها نزت exuded من النباتات المصابة ثم انتشرت فى المحلول الدائر .

وقد اتخذت كافة الاحتياطات لمنع أى إنتشار للمرض عن طريق الملامسة وذلك بعدم ملامسة أى نبات فى الصف . وخلال الشهور الثلاثة الأولى من المحاولة لم يصب أى من النباتات الأخرى فى الخط . هذه المحاولة البسيطة لا تكفى قطعا لاتخاذ أى قرارات فى هذا الشأن ولكنه من التجارب والخبرة التجارية اتضح أن الفيروس المنتشر لا يظهر على محاصيل الغشاء المغذى بسرعة أكبر من انتشاره فى المحاصيل المزروعة بالطرق العادية .

ولقد قام ستونتون **Staunton** بحقن الطماطم فى الغشاء المغذى بخمسة جراثيم مرضية ووجد أن اعراض مرض الذبول قد ظهرت بعد ٢١ يوما من العدوى بالفطر **Fusarium Oxysporum lycopersici** ، وقد انتشر المرض ببطىء وبعد ٤ شهور كان $\frac{٣}{٤}$ النباتات قد أصيبت . غير أن أغلب النباتات قاوم المرض وأتم دورة حياته وأنتج محصولا جيدا بينما النباتات التى نمت فى بيئة صلبة كانت قد ماتت . ويخلص **Staunton** من دراساته إلى أن الأصابات المرضية لمحاصيل الغشاء المغذى لا تسبب مشكلة أكبر منها فى زراعة هذه المحاصيل بالطريقة العادية .

مكافحة الأمراض :

يمكن تطبيق الطرق العادية المستخدمة فى مكافحة الأمراض فى المحاصيل المزوعة بالطريقة العادية على محاصيل تقنيات الغشاء المغذى . على أنه يحسن الاحتياط بعدم توجيه الرشاشة إلى قناة الغشاء المغذى فى حالة ما إذا كانت مادة الرش ذات تأثير غير مرغوب على المحلول حول الجذور .

ومكافحة الأمراض بالنسبة لمحاصيل الغشاء المغذى هى إجراءات مكافحة الأمراض الناتجة من التربة وإضافة مواد المكافحة عن طريق الجذور .

ولما كانت منشأة الغشاء المغذى نظاما مقفلا مع حجم ثابت من السائل باستخدام صمام يتحكم فى إمداد الماء إلى النظام ، فمن الممكن أن نعتبر اضافة

ما يسمى أدوية وقائية Preventive medicine إلى محاصيل الـ NFT . فأى مواد تمنع نمو الكائنات المرضية فى المحلول الدائر دون أن يكون لها تأثير ضار على المحصول يمكن إضافتها إلى المحلول بالتركيز الملائم . ويمكن إضافة ٢٠ جزء فى المليون من اتريدياذول Etridiazole ، وبالرغم أن مثل هذا التركيز لا يسبب تأثيرا ضارا على محصول مقاوم مثل الطماطم ، فقد يكون له تحت ظروف الـ NFT تأثير ضار على المحاصيل الحساسة مثل الخيار . ومادة الاتريدياذول Etridiazole بتركيز ٢٠ جزء فى المليون لا تقتل الفطريات Fungi ولكنها تثبط نموها . ولذلك فمن الضرورى إضافة الاتريدياذول بانتظام لانه يتحلل ، ويتأثر معدل انحلاله بعوامل كثيرة . غير أنه من المحتمل أن اضافته بكمية كافية ليعطى تركيزا قدره ٢٠ جزء فى المليون كل ٦ أسابيع يكون مناسبا .

والاتريدياذول Etridiazole متوفر تجاريا تحت الاسم التجارى أتر Aatrre وهو مسحوق قابل للابتلال Wettable powder يحتوى ٣٥٪ من المادة النشطة من الاتريدياذول ويجب ألا يزيد تركيز الاتريدياذول على ٥٠ جزء فى المليون حتى بالنسبة لمحصول مقاوم مثل الطماطم ولذا يجب أن تضاف المادة ببطىء إلى الخزان الجامع بطريقة بحيث يحدث لها تخفيف قبل أن تصل إلى النبات كما يجب عدم تقليل عدد الأسابيع بين الإضافات حتى لا يزداد تركيزها ويصبح تأثيرها سام .

واستعمال المبيدات الجهازية Systemi insecticides أى المواد التى يمكن إمتصاصها خلال الجذور وتؤدى إلى حماية النبات كله يكون بنفس الطريقة . فسوف يحمل المحلول المركبات الجهازية لجميع النباتات فى المنشأة وبالتالى يستبعد تكاليف الإضافة بالطرق العادية . ولقد اقترح مثلا أن ٥٠ جزء فى المليون من البينومايل Benomyl سوف يقاوم البياض Powdery mildew على نباتات الخيار النامية فى الغشاء المغذى . كما أن المركبات ذات التأثير الفعال على النباتات النامية فى مزرعة مائية قد لا يكون لها تأثير مشابه عند إضافتها للتربة للمحاصيل النامية فيها بسبب تأثير التربة .

وبالنسبة إلى تدفق جميع المحلول الدائر فى منشأة الغشاء المغذى خلال انبوبة واحدة ، فمن الممكن وضع وحدة تعقيم فى هذه الأنبوبة بين مضخة الدوران وفتحة الدخول لأول قناة فى نظام الغشاء المغذى . ومن الممكن أن تكون وحدة التراسونيك Ultra-sonic unit أو وحدة اشعة فوق بنفسجية Ultra-violet unit أو وحدة بسترة حرارية Heat pasteurization unit . وتوضح المحاولات الأولية باستخدام وحدة التراسونيك أو وحدة اشعة فوق بنفسجية أن استعمالهما يؤثر على الحديد المخلوب فى المحلول . ولهذا السبب فاستعمالها غير مرغوب . والبسترة الحرارية لم تختبر بعد فى الزراعة بنظام الغشاء المغذى . وبعد البسترة الحرارية فبالطبع يجب تبريد المحلول قبل أن يسمح له بالمرور على جذور النباتات . ومن الممكن أن يستخدم خزان لامداد المحلول للنبات وخزان آخر تتم فيه عملية البسترة الحرارية . وبعد البسترة يترك ليبرد ثم يدخل الخدمة بدلا من الخزان الذى فى الخدمة . وإذا كانت البسترة الحرارية طريقة ناجحة فى مكافحة الأمراض فى تقنيات الغشاء المغذى فالأمر يقتضى إجراء تطوير لتحديد عدد مرات البسترة الضرورية وأحسن وسيلة لاجراء هذه العملية فى الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى .

الباب الخامس

استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

- إنتاج نباتات القصارى .
- التحكم الكامل فى ظروف النمو .
- قنوات الغشاء المغذى الرأسية .
- إنتاج الأصول المقساه .
- الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى .
- الغشاء المغذى فى الحدائق المنزلية .
- إنتاج الأبصال والمسطحات الخضراء .
- إنتاج نباتات الزينة والنباتات الدوائية .
- إنتاج بعض حاصلات الخضر .
- نظام الغشاء المغذى وتسويق المنتجات .
- إستخدام الغشاء المغذى فى أنفاق الفراولة .
- إنتاج علائق الحيوانات .
- إستخدام قنوات الغشاء المغذى فى ظروف غير ملائمة .
- زراعة الأشجار تحت ظروف غير ملائمة .
- إنتاج المطاط والصمغ .
- إنتاج مصادر الطاقة .
- إستخدام الغشاء المغذى فى تنقية الماء .



استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

انتاج نباتات القصارى :

تعود زراع نباتات الزينة إلى تسويق هذه النباتات فى قصارى فخارية أو بلاستيكية ولا يحتاج إنتاج هذه النباتات باستخدام تقنيات الغشاء المغذى إلى أى تعديل فى الطريقة ، إذ توضع النباتات بقصاريها (أوعيتها) فى مجرى ــ قناة ــ الغشاء المغذى .

كما تعود الزراع أن يضعوا القصارى على موائد بارتفاع مناسب حتى يتيسر إجراء العمليات الزراعية المختلفة كالرى والتسميد وخدمة النباتات . ويمكن ــ بالمثل ــ فى حالة تقنية الغشاء المغذى تثبيت القنوات على الارتفاع المرغوب ، غير أن ذلك يزيد التكاليف الرأسمالية نتيجة لترك مسافات بين الموائد ــ التى تثبت عليها القنوات بدون قنوات ــ أى بدون إنتاج ، بينما وضع قنوات الغشاء المغذى على سطح الأرض ــ متجاورة ــ يتلافى ذلك ، وفى هذه الحالة تغرس النباتات فى مكعبات وتنقل من القنوات باستخدام « سير » متحرك على ارتفاع مناسب وقد سبق وصف ذلك ، إذ لا يوجد ما يستلزم تنمية النباتات فى قصارى ، وفى هذه الحالة تنمو النباتات فى المكعبات ويتكون من نموها « حصيرة » أو طبقة ليفية من الجذور تثبت النباتات وتنقل النباتات إلى القصارى قبيل التسويق مع استخدام البيئة المناسبة ، وتسويق النباتات بذلك فى قصارى جديدة نظيفة ، وقد اختبر كوبر هذه الطريقة واتضح أن النباتات ــ التى استخدمها ــ تجاوبت مع تغيير البيئة دون متاعب ، ولو أن الأمر يحتاج إلى مزيد من الاختبارات بالنسبة للنبات الذى يرغب المنتج فى إنتاجه .

ــ قد لا يكون الاستغناء عن الممرات أمرا ملائما لجميع أنواع نباتات القصارى ، فقد يجد الزراع أنه من الضرورى أن يصل إلى موقع بعض النباتات لمعالجة أحد الأمراض .

ــ وعدم وجود ممرات يجعل عملية « التفريد » صعبة فيضطر الزراع فى هذه الحالة إلى غرس النباتات ــ الشتلات ــ فى موقعها النهائى فلا يقوم بعملية التفريد كلما زاد حجم النبات .

ــ وضع قنوات الغشاء (الفيلم) المغذى على قوائم على ارتفاع مناسب يسمح بوجود الممرات العادية التى تترك عادة بين هذه المجارى (عند وضعها على سطح الأرض) ، وفى هذه الحالة يمكن استخدام مجاميع متعددة القنوات (التى سبق وصفها).

ــ وثمة بديل آخر هو استخدام قنوات مفتوحة واسعة (عريضة) ضحلة العمق على ارتفاع يلائم العمل ، ينساب منها المحلول المغذى إلى أسفل ، غير أن هذا البديل يعرض المحلول المغذى إلى الضوء أثناء انسيابه إلى أسفل ثم دورانه إلى القناة مرة أخرى ، ولذا سريعا ما يغطى بنموات الألجى الخضراء ، وتلتصق أيضا بالقصارى مما يجعل منظرها غير مشجع عند تسويقها ، وتقاوم هذه الألجى بإضافة أحد الكيماويات المضادة ، أو قد يلجأ الزارع إلى زيادة سرعة دوران المحلول المغذى حتى لا يستطيع الألجى النمو ، ويتم ذلك بزيادة عمق المحلول وينتج عن ذلك أمران :

١ــ يزداد وزن المحلول ويستلزم ذلك استخدام قنوات من الأسمنت حتى يمكنها حمل ثقل المحلول مما يؤدى إلى زيادة التكلفة الرأسمالية .

٢ــ لا تتكون « حصيرة » الجذور الليفية الضرورية والتى يكون جزؤها العلوى معرضا عادة للهواء الجوى ، ولذا يتحول النبات إلى الاعتماد الكامل على أوكسيجين المحلول وهو عادة محدود ، وقد نلجأ لزيادة محتوى المحلول من الأوكسيجين بوضع معوقات تعترض تياره (المحلول) مما يعمل على زيادة محتواه من الأوكسيجين عند سقوطه مجتازا هذه العوائق .

ــ وقد يكون استخدام عدد من قنوات الغشاء المغذى الضيقة (المعتادة) كافيا لتحقيق النتيجة المرغوبة بكفاءة ونفقات أقل .

— كما يمكن استخدام قنوات الغشاء المغذى ذات وزن خفيف وذات طبقتين فوق بعضهما ، فتُنمى نباتات القصارى التى تحتاج الضوء الكامل فى الطبقة العليا من القنوات ، بينما تنمى النباتات المحبة للظل فى الطبقة السفلى ، وفى هذه الحالة يتوقف عدد النباتات فى الطبقة العليا والمسافات بينها على درجة التظليل التى تتطلبها النباتات فى الطبقة السفلى ، ومثل هذا النظام إذا أمكن إنشاؤه يزيد إنتاجية الوحدة وهد عامل هام فى حالة البيوت الزراعية عالية الكلفة والتى تتكلف تدفئتها كثيرا .

إنتاج الحاصلات مع التحكم الكامل فى ظروف النمو :

تعتبر تقنيات الغشاء المغذى مثالية عندما يراد تطبيق نظم التحكم الكامل فى ظروف النمو ، ففى هذه الحالة يستبدل ضوء الشمس بالمصابيح ، ويعزل البناء الذى تنمو داخله النباتات عن الظروف الجوية الخارجية ، وتكون الأرضية ناعمة غير منفذة للجذور ، وتتم الإضاءة بمصابيح تتدلى من سقف المبنى ، ويؤدى ذلك عادة إلى تزايد الحرارة المنبعثة منها بينما يحتاج العديد من الحاصلات إلى درجات حرارة ملائمة ثابتة فى حدود معينة فلا تزايد بصفة مستمرة ، ولذلك فنظام الغشاء المغذى مع التحكم فى ظروف النمو يلائم بصفة خاصة إنتاج الحاصلات عندما تكون الظروف المناخية غير ملائمة لنموها مثل شدة البرد فى مناطق خطوط العرض الشمالية ، أما فى غير هذه الظروف فيجب اتخاذ الاحتياطات التى تكفل ثبات درجة الحرارة .

— وللتحكم فى تركيز ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء — داخل المبنى — أهمية خاصة ، ففى هذا النظام يكون استنزاف ثانى أوكسيد الكربون أسرع منه فى البيوت الزراعية لاستهلاكه بواسطة النباتات أثناء عملية التمثيل الضوئى (الأيض) ، ولذا يجب حقن الهواء بثانى أوكسيد الكربون بحيث يصل إلى نحو ١٠٠٠ جزء /مليون (بالحجم) ، وأفضل ما يتم ذلك بواسطة ثانى أوكسيد الكربون المسال المضغوط فى خزان خاص ، ويترك بعض السائل ليتحول إلى غاز تحت الضغط الجوى ، فيمكن توصيله إلى هواء البيت الزراعى مع

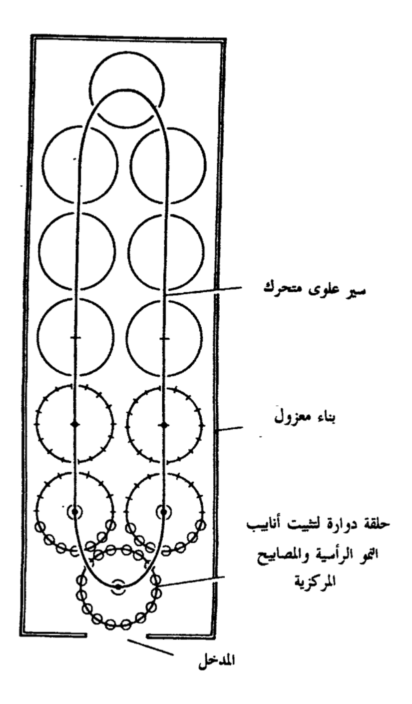
استخدام مقياس لتدفق ثانى أوكسيد الكربون (Flow meter) لاستمرار الحصول على تركيز ثابت من الغاز .

ولا ننصح بالحصول على ثانى أوكسيد الكربون عن حرق البروبان فى حالة التحكم الكامل فى ظروف النمو ، ولو أنه قد يلائم ظروف البيوت الزراعية الزجاجية أو البلاستيكية ، لأن حرق أى وقود هيدروكربونى ينتج أكاسيد نتروجينية ــ أوكسيد النتريك وأوكسيد النتروز ــ وهذه الأكاسيد لا تضر النبات ما دامت تركيزاتها منخفضة غير أنها ضارة إذا زادت تركيزاتها ، فيبطىء نمو النبات وتصغر أوراقه ، وقد تؤدى إلى نكرزة Necrosis الأوراق أى ظهور بقع بنية ناتجة عن موت الأنسجة خاصة بالأوراق السفلى ، أما فى حالة البيوت الزراعية الزجاجية فتيار الهواء النافذ من بين ألواح الزجاج يساعد على منع تراكم أكاسيد النتروجين ، أما إذا كان استخدام البروبان المحروق أمرا ضروريا فى نظم التحكم الكامل فيجب رصد وتسجيل تركيز أكاسيد النتروجين فى الغاز الناتج ــ حتى يعرف تركيزه فى هواء المبنى ــ والعمل على تبادل الهواء بحيث لا تتراكم هذه الأكاسيد فى الهواء الداخلى .

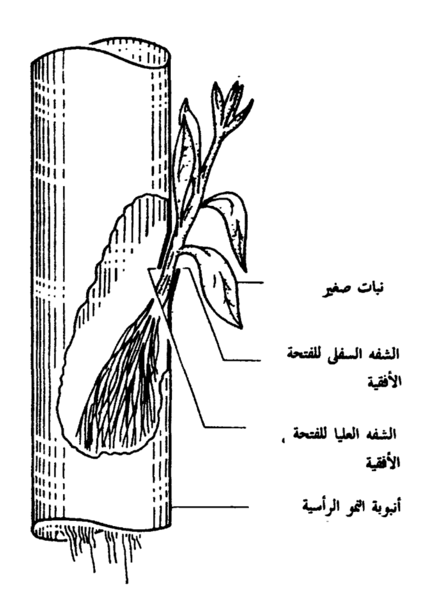
وفى حالة عدم حقن ثانى أوكسيد الكربون فيجب توفير التهوية الجيدة (ويتعارض ذلك مع التحكم الكامل فى ظروف النمو) حتى نضمن تركيزا لثانى أوكسيد الكربون فى الهواء الداخلى مساويا له فى الهواء الجوى الخارجى ، وعلى وجه عام ينخفض الإنتاج فى هذه الحالة بنسبة ٢٥٪ عنه فى حالة حقن ثانى أوكسيد الكربون .

يتضح مما سبق أن نظام التحكم الكامل فى ظروف النمو يقتضى التحكم فى شدة وطول فترة الضوء والحرارة وثانى أوكسيد الكربون ، وقد تستلزم النواحى الاقتصادية بعض المرونة فى طول فترة الإضاءة ، وقد يضاء نصف المساحة فترة ثم تنقل المصابيح إلى النصف الآخر فترة أخرى ، وبذا تنخفض التكلفة الرأسمالية فى عملية الإضاءة إلى النصف تقريبا .

انظر كتاب « الزراعة المحمية » ، عبد المنعم بلبع وآخرون .



شكل رقم (٣٥) ـــ الانتاج النباتى بالمراقد الرأسية



شكل رقم (٣٦) ـــ الفتحات الأفقية فى أنبوبة النمو الرأسية

قنوات الغشاء المغذى الرأسية :

يتميز نظام الغشاء المغذى عن نظم الإنتاج الأخرى بأن هذه النظم الأخرى تبدد نحو ٤٠٪ من المساحة فى الممرات للوصول إلى النباتات ، بينما فى حالة نظام الغشاء المغذى يمكن ترتيب القنوات رأسيا فلا توجد حاجة إلى الممرات فى بعض الحاصلات ، ويخفض ذلك من التكلفة الرأسمالية (شكل رقم ٣٥) . وفى هذه الحالة يأخذ مبنى إنتاج المحاصيل مع التحكم الكامل فى ظروف النمو شكل متوازى مستطيلات ضيق ، وتنظم قنوات الغشاء المغذى

رأسيا فيما يشبه الأنابيب ذات فتحات أفقية (شكل رقم ٣٦) على جانب واحد فى دائرة حول مصباحين أحدهما علوى والآخر قرب القاع ، وتكوّن قنوات الغشاء المغذى الرأسية والمصابيح وحدة من مجموعة وحدات مماثلة تتعلق من وسط قرص دائر . فإذا بدأنا غرس النبات فيقف العامل عند باب المبنى ويغرس الشتلة فى قناة الغشاء المغذى المواجهة للباب وبامتلاء القناة يدفعها إلى أحد الجانبين فيصل أمامه القناة التالية فيقوم بغرس النباتات فيها ، ويستمر ذلك حتى يتم غرس جميع الفتحات بجميع القنوات المعلقة فى المجموعة . وتتصل المجموعة بسير علوى حول سقف المبنى متوازى المستطيلات ، ويقوم العامل بالتحكم فى الدوران بالضغط على أحد الأزرار ، فيتحرك لتظهر أمامه ــ عند الباب ــ مجموعة وحدات رأسية أخرى فيقوم بغرس النباتات فى الفتحات الأفقية فى كل قناة من قنواتها وهكذا .

ويشير كوبر Kooper إلى أنه اختبر الأنابيب الرأسية المصنوعة من البوليثين لانتاج المحاصيل بنظام الغشاء المغذى ، وقد اتضح أن عدم تسرب السوائل منها أثناء نزولها من أعلى فى دورانها رأسيا يعود إلى أن حجم الساق فى النبات المغروس فى القناة يدفع الحافة العليا من الفتحة الأفقية إلى الداخل ، بينما يدفع وزن النبات الحافة السفلى إلى الخارج وبذا فالسائل الهابط فى القناة لا يتسرب ، وعلى أى حال إذا تسرب بعض السائل فإن ذلك لا يؤثر إذ أنه يتدفق خارج المجرى ويحتجز فى أنبوبة (العادم) فى قاع الدائرة .

ويستكمل كوبر Cooper النظام الآلى السابق وصفه باقتراح نظام لعملية نقل وعرض المنتجات مثل الأزهار أو غيرها للتسويق بأن تجهز سيارة النقل عند الباب و « تفك » الأنابيب البوليثين من اطار النمو وتعلق رأسيا فى قضبان علوية فى سقف السيارة حتى تمتلىء ولا تتأثر المنتجات بعملية النقل أو بسرعة السيارة لتعلقها رأسيا . وعند الوصول تفرغ حمولة السيارة من أنابيب البوليثين ويعاد تعليقها فى محل البيع . وتباع المنتجات فى هذه الحالة ــ الأزهار ــ بالمتر ، فيقطع الطول المطلوب الذى يحتوى أنابيب البوليثين بالمقص .

ويمكن تنفيذ الانتاج « الآلى » مع التحكم الكامل فى ظروف النمو فى الناقلات الضخمة Super tankers . وتعمل شركة جنرال موتورز على تطوير هذه العملية حتى أصبح احتمال تجربتها فى الفضاء أمرا ممكنا .

إنتاج الأصول المقساة :

أمكن انتاج العديد من شتلات أنواع من الأشجار والشجيرات باستخدام نظام الغشاء المغذى وكان نموها سريعا كما كانت النباتات ذات جودة عالية .

ويعتمد هذا النوع من الإنتاج على التحكم فى البيئة الخارجية أى المحيطة بالساق والأوراق والبيئة حول جذور العُقَل ، ويمكن تحقيق ذلك بالنسبة للظروف المحيطة بالسوق والأوراق فى بناء مجهز بالمصابيح اللازمة للتحكم فى طول فترة الاضاءة وشدتها فضلا عن التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية وتركيز ثانى أوكسيد الكربون كما سبق . وبالنسبة إلى غرس العقل متقاربة لبعضها فحجم غرفة النمو يكون محدودا وبالتالى تقل التكلفة الرأسمالية . أما فى الصوب الزجاجية المجهزة بالتدفئة والتهوية الذاتية وحقن ك أ٢ CO_2 ووسائل التظليل ودش الضباب فهى أقل تحكما فى طول فترة الضوء وشدته ونسبة الرطوبة ودرجة حرارة النهار .

وهذا التحكم الزائد فى ظروف نمو الساق والأوراق يستلزم تحكما مماثلا فى ظروف نمو الجذور أى حول مسطح قطع العقلة . ويجب أن يكون ذلك منفصلا عن التحكم فى ظروف نمو الساق إذ أن الظروف الملائمة للسوق والأوراق تختلف عن تلك الملائمة للجذور . ويكفل نظام الغشاء المغذى وسيلة للتحكم الدقيق فى ظروف الجذور . فدرجة حرارة منطقة نمو الجذور يمكن أن تكون مختلفة عن حرارة الهواء وكذا يمكن تغييرها أثناء الأربع وعشرين ساعة أو خلال فترة نمو العقلة وكذا يمكن التحكم فى المحتوى الغذائى ورقم pH وتركيز منظمات النمو ونسبة الهواء والماء فى المحلول عند سطح قطع العقلة ، وكذلك يمكن التحكم فى نسبة الهواء بالماء باعتراض دوران المحلول (بوضع معوقات لتدفقه) إذا أريد ذلك .

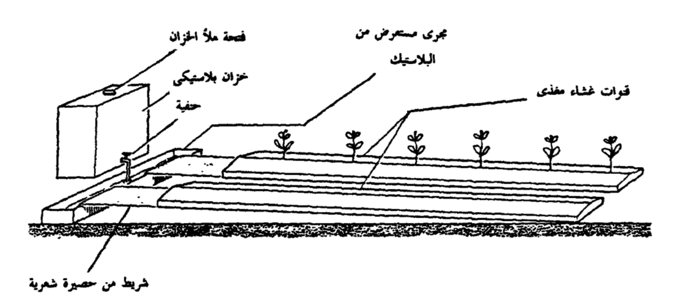
وبهذه الدرجة من التحكم فى ظروف النمو الهوائية والجذرية ــ وهو ما لا يتوفر فى المشاتل المعتادة ــ يصبح لمعرفة الظروف المثلى لنمو كل نوع من النباتات التى يراد اكثارها أهمية كبيرة حتى يمكن ضبط أجهزة التحكم ضبطا صحيحا .

وبمجرد نمو جذور العقل يمكن نقلها لنظام الغشاء المغذى فى الهواء المطلق أو فى صوبة زجاجية حسب نوع النبات والموقع . وإذا كانت العقل قد غرست على المسافات النهائية لها فلن يحتاج إلى عمالة حتى يحل موعد التسويق ففى نظام الغشاء المغذى لا نحتاج إلى خدمة مثل مقاومة الحشائش بينما الرى والتغذية يكونان بالطبع مستمرين ذاتيا .

وبحلول الموعد للتسويق تكوّن الجذور « حصيرة » (كتلة ليفية) من الشعيرات الجذرية المشتركة بين النباتات نتيجة تشابكها فتقطع هذه الحصيرة فى منتصفها وبذا يصبح لكل نبات مجموع جذرى ليفى مستقل ذى شكل مستطيل (متوازى اضلاع) ويسهّل ذلك عملية غرس الشتلة ــ الشجيرة ــ وذلك بحفر موقع الغرس إلى العمق الملائم بعد تحديد شكل المستطيل ثم يوضع « متوازى مستطيلات » الجذور فى الحفرة المطابقة له تماما وتكون التربة الخارجة من الحفرة فوق الجذور وبالضغط ــ بثقل العامل ــ تتلاصق الجذور الليفية مع التربة فى حواف الحفرة وتشغل مجموعة الجذور باقى الحفرة . وبهذا يمكن تلافى « أثر القصرية » فى حالة استخدام القصارى فى الطرق المعتادة .

الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى :

لا يختلف الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى عن الإستخدام التجارى ، ويمكن لأى هاوٍ أن ينشيء هذا النظام على غرار النظام التجارى مع الفرق فى الحجم ليلائم المساحة المحدودة المتاحة بالمنازل . وقد يرغب بعض الهواة فى خفض تكلفة تجهيزات القياسات والرصد وقد يعمد البعض إلى شراء وحدة الغشاء المغذى «جاهزة» إذا كان ثمنها منخفضا .



شكل رقم (٣٧) ــ وحدة غشاء مغذى منزلية

ويمكن أن تتكون الوحدة المنزلية الرخيصة من حوض بلاستيكى « خزان » ذى حنفية فى قاعة وفتحة « بريمة » فى أعلاه ليملأ منها . فيملأ الخزان إلى نهايته بالماء ويفرغ فيه محتوى كيس ــ يشترى جاهزا محضرا بواسطة المصنع ــ يحتوى المقدار المناسب من العناصر المغذية ثم تغلق الفتحة ، وتكون فتحة الحنفية فى مستوى أسفل الماء الذى يملأ مجرى (قناة) مستعرض (قاطع) من البلاستيك وعند فتحة الحنفية لا يتدفق المحلول من الخزان لضغط الهواء الجوى على الماء فى المجرى القاطع . ومن المهم أن يكون الخزان مظللا فلا تسقط عليه أشعة الشمس حتى لا ترتفع درجة حرارته خلال النهار إذ لو ارتفعت درجة الحرارة يرتفع الضغط داخل الخزان ويدفع المحلول للتدفق إلى الخارج ، ويتغير الضغط داخل الخزان بتغير درجة الحرارة بالليل والنهار ولذا يجب خفض هذا التغير إلى أقصى حد .

ويغطى المجرى العرضى بغطاء لمنع فقد الماء بالبخر ، وينفذ من خلال فتحة فى هذا الغطاء شريط من حصيرة شعرية تغمر نهايته فى الماء ، وتمتد هذه الحصيرة لتبطن قاع مجرى الغشاء المغذى (القناة) ، ومن الممكن أن يوجد عدد من المجارى (القنوات) ذات الحصيرة الشعرية التى تمتد إلى المجرى العرضى (شكل رقم ٣٧) .

توضع البادرات الصغيرة فى مكعبات الامتصاص فى مجرى الغشاء المغذى (القناة) على الحصيرة الشعرية ويؤدى بخر الماء من سطح المجرى ونتحه من النباتات إلى تحرك الماء بالخاصة الشعرية فى الحصيرة الشعرية المتصلة بالمجرى العرضى الممتلىء بالماء ، ويؤدى ذلك إلى خفض مستوى الماء فى هذا المجرى حتى تصبح فتحة الحنفية أعلى مستوى سطح الماء فيه ويبدأ عند ذلك تدفق المحلول من الخزان عن طريق الحنفية إلى المجرى العرضى حتى تصبح فتحة الحنفية تحت مستوى سطح الماء مرة أخرى ، وبالنسبة إلى أن مجرى الغشاء المغذى يعتبر عمليا مغلقا من أعلى فإن أغلب الماء المتبخر عن سطح الحصيرة الشعرية يتكثف على السطح الداخلى فى المجرى عائدا إلى الحصيرة الشعرية مرة أخرى ، وإذا أدى بخر الماء من سطح الحصيرة إلى تجمع الأملاح على سطحها فيمكن خفض هذه الأملاح بوضع شريط من البوليثين الأسود بنفس طول وعرض الحصيرة الشعرية فوق الحصيرة ، ويجب أن يثقب هذا الشريط بعمل فتحات فيه تسمح بادخال المكعبات التى تحتوى البادرات حتى تلامس هذه المكعبات الحصيرة الشعرية لتمتص الماء والعناصر المغذية منها .

ويذكر Cooper أن التصميم الذى تم وصفه يجب أن يؤدى الغرض منه من الناحية النظرية غير أنه لم يختبره وهو يرى أنه يحقق الغرض وقليل التكلفة ومن السهل ضبط تركيز العناصر المغذية فيه وذلك بتقدير pH وضبطه عند بدء ملء الخزان ، وكما أنه لا يحتاج إلى أى طاقة كهربائية .

ومن رأيه أيضا أنه يمكن تركيب جهاز الغشاء المغذى على المستوى المنزلى بتبسيط الجهاز التجارى فيتكون من خزان يستقبل المحلول المنصرف وطلمبة صغيرة تضخ المحلول من الخزان إلى مدخل قناة الغشاء المغذى مباشرة ويصرف المحلول من هذا المجرى مباشرة إلى خزان الاستقبال . وفى الوحدة المنزلية الصغيرة يحسن استخدام طلمبة صغيرة تحت الماء فى خزان الاستقبال مع ماسورة تنقل المحلول إلى مجرى الجهاز . وتشغيل الطلمبة يرفع قليلا درجة حرارة المحلول ويساعد ذلك على نمو النبات فى المواقع الباردة التى يكون فيها

ارتفاع درجة الحرارة مرغوبا ، أما فى المواقع التى يعتمد فيها على الطاقة الشمسية فيمكن استخدام هذه الطاقة فى تشغيل المضخة خصوصا وأن الحاجة إلى تدفق الماء قليلة والمساكن فى هذه البلاد غالبا ذات أسقف مسطحة مما يجعلها نموذجية لإستخدام الغشاء المغذى .

ويضبط رقم pH بواسطة طريقة المحاليل التى سبق وصفها . أما ضبط تركيز العناصر المغذية فيكون إما بشراء مقياس للتركيز فيصبح بذلك ضبط التركيز أمرا بسيطا ومماثلا لما سبق وصفه أو أن يفرغ الخزان مرة كل أسبوع — على سبيل المثال — ثم يملأ بالماء ويضاف إليه الكيس المحتوى على أملاح التغذية (يشترى جاهزا) وهى كافية لمدة تزيد قليلا عن اسبوع لوحدة ذات حجم محدد ، وواضح أن هذه الطريقة سهلة غير أنها تزيد تكلفة التغذية فتفريغ الخزان كل أسبوع يعنى إهدار المغذيات التى لا زالت باقية فى المحلول ، ولا ننصح — بهدف الحفاظ على هذه المغذيات المتبقية — أن نضيف كيس المغذيات الجديدة اسبوعيا دون تفريغ الخزان إذ قد يؤدى ذلك إلى تزايد التركيز .

والصعوبة الأساسية التى تواجه استخدام هذا الجهاز المبسط هى أن المغذيات المضافة أسبوعيا يجب أن تكون كافية لاحتياجات النباتات ، ولما كانت أنواع وأصناف وحجوم هذه النباتات تختلف اختلافا شديدا فلا مفر من قبول رقم تقريبى فاذا فرضنا أنه يوجد فى كل ٣٠ (ثلاثين) سم من طول مجرى الجهاز نبات طماطم واحد يجب أن نوفر له الغذاء فإن اضافة ٩ جم من مخلوط المغذيات ذى التركيب الموضح بجدول رقم ٢٥ إلى الخزان لكل ٣٠ سم من طول مجرى الجهاز تكون كافية لمد هذا النبات بحاجته من العناصر المغذية لمدة أسبوع ، وهذا المخلوط من العناصر المغذية هو متوسط ما يمتصه نبات واحد من الطماطم من مغذيات لمدة أسبوع ، وقد حسب هذا المتوسط على مدى ٦ (ستة) شهور ، ويجب أن يسمح حجم الخزان بألا تزيد درجة التركيز فى المحلول بعد إضافة أملاح التغذية عن ٣٠ (CF = 30) واستخدام

جدول رقم ٢٥
المحتوى النسبى لخلوط مواد مغذية للإستعمال المنزلى

المادة المغذية	الرمـــــز	نسبة مئوية من الوزن الكلى
نترانت كالسيوم	$Ca (No_3)_2 .4 H_2 O$	٤٥,٤٣٤
فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين	$KH_2 \ PO_4$	١٣,٢٤٥
نترات البوتاسيوم	KNO_3	١١,٠٨٢
كبريتات مغنسيوم	$Mg SO_4 .7 H_2 0$	٦,٦٤٩
حديد مخلب	$\{ CH_2 .N(CH_2 .COO)_2 \}_2 FeNa$	٣,٣٢٤
كبريتات منجنيز	$Mn CL_2 .4 H_2 O$	
حمض بوريك	$H_3 BO_3$	,٠٢٢
كبريتات نحاس	$Cu SO_4 .7 H_2 O$	,٠٠٩
كبريتات زنك	$Zn SO_4 .7 H_2 O$	,٠٠٩
موليبيدات أمونيوم	$(NH_4) MO_4 O_{24} . 4H_2 O$	,٠٠٤

عن كوبر Cooper

« جهاز » الغشاء المغذى الصلب rigid متعدد المجارى يلائم تماما الاستخدامات المنزلية والسوق المحلية لقصر طول الخطوط المستخدمة فى هذا الجهاز . أما استخدام جهاز الغشاء المغذى ذى القنوات العادية Universal فيعتبر أكثر مرونة بالنسبة إلى طول الخطوط والمسافات بينها .

وللماء النقى الذى لا يحتوى أى مواد أهمية كبيرة فى تقنيات الغشاء المغذى ، وقد سبق أن أوضحنا ذلك ، ويعتبر ماء المطر نقيا فهو بحكم مصدره ماء مقطر . وأفضل وسيلة للحصول على قدر مناسب من ماء المطر بالمنازل فى البلاد غزيرة الأمطار هو أسقف المنازل ، ويعرض بالأسواق وعاء من البلاستيك يمكن توصيله بنهاية ماسورة صرف ماء المطر المنصرف من السقف

فيوصله فى ماسورة من البلاستيك إلى حوض للتخزين أو توصله مباشرة إلى خزان المحلول بجهاز الغشاء المغذى .

فخزان المحلول فى هذه الحالة يعمل أيضا كخزان لماء المطر إذا زادت سعته ، وزيادة حجم الماء فى خزان المحلول التى قد تحدث نتيجة لتجميع الأمطار لا تهم فتركيز المحلول فى هذه الحالة ينخفض ، غير أن مقدار ــ أو وزن ــ المغذيات فيه (فى المحلول) لا يتأثر .

والصعوبة الأساسية التى تواجه الاستخدام المنزلى للغشاء المغذى هى كيفية تجنب المتاعب الغذائية الناتجة عن زيادة أو نقص الحامض والمغذيات المعدنية ــ ذات التأثير السريع ــ ولهذا السبب يجدر الاهتمام بدراسة استخدام مصادر عضوية للمغذيات للاستخدام المنزلى .

استخدام الغشاء المغذى فى الحدائق المنزلية :

تعنى تنمية النباتات بالمنزل بالنسبة للكثيرين سقى عدد من نباتات القصارى . وعندما ترغب ربة بيت فى ممارسة هذا النوع من النشاط تتجه إلى محل الأزهار وتشترى نباتا فى قصرية وتضعه فى مكان بالمنزل بعد وضع طبق أسفل القصرية ، وفى الغالب لا تنجح العملية نجاحا ملحوظا ولذا يندر أن تحدث جارتها عنها وينتج عن ذلك أن سوق نباتات القصارى غير مزدهرة . وثمة بعض المنازل تضع القصارى فى أوعية كبيرة ملأى بالبيت (مادة عضوية) ولو أن ذلك لا يؤثر كثيرا على سوق نباتات القصارى .

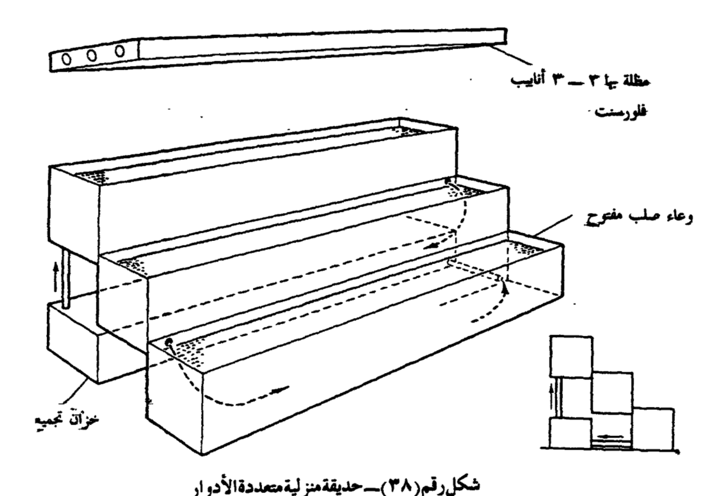
وباستخدام الغشاء المغذى يمكن إيجاد مجال جديد للحدائق المنزلية فى أى حجرة ما دامت مجهزة بالتيار الكهربائى . ويوضح شكل رقم ٣٨ تصميم « حديقة » صغيرة ذات حجم ملائم لحجرة المعيشة .

يتكون التصميم من ثلاثة أوعية صلبة مفتوحة ٦٠ سم طولا ونحو ١٥ سم عرضا وعمق ١٥ سم . ويمكن ترتيبها على شكل درجات السلم مع مراعاة أن توضع بميل على طولها (شكل رقم ٣٨) . وبحيث أن المحلول الذى يضاف إلى

الطرف العلوى للوعاء يتدفق نحو طرفه السفلى ثم إلى الطرف الأعلى للوعاء الذى يليه فيتدفق فيه إلى طرفه السفلى ومنه إلى الطرف العلوى للوعاء الأخير وحتى الطرف السفلى له ومنه إلى الخزان وهو ذو حجم مساوٍ لحجوم الأوعية المشار إليها .ويوضع خلف الوعاء السفلى مباشرة وباستخدام مضخة صغيرة مغمورة فى المحلول يرفع المحلول من الخزان إلى الطرف العلوى للوعاء الأعلى . وتملأ الأوعية بكميات من الطين تغرس فيه نباتات سبق تنميتها فى الماء (هيدروبونى) يقوم بتوريدها نفس محل الأزهار الذى يقوم بتوريد « الحديقة » نفسها . ويمكن أن تكون هذه النباتات الجيرانيوم التى تلائم الحدائق الداخلية والتى يمكن استبدال القديم منها بنباتات حديثة .

وأعلى الوحدة تثبت مظلة تحتوى ٢ ــ ٣ أنابيب فلورسنت لتنير الحديقة وتساعد النباتات على النمو فى الضوء المنخفض فى حجرة المعيشة . ومداومة التغذية أمر بسيط فتوضع انبوبة فى نهاية الخزان توضح محتواه وتبين ما إذا كان من الضرورى إضافة الماء ، أما الأملاح المغذية فيضاف كيس منها مرة كل ٣ شهور إلى الخزان ، وفى كل عام يفرغ الخزان وينظف ثم يعاد ملؤه من جديد .

ويمكن وضع وحدة الغشاء المغذى فى شرفات العمارات وحتى تشغل أقل مساحة ممكنة تأخذ الوحدة الشكل الرأسى الموضح فى شكل رقم ٣٩ ، ويتكون من الخزان (د) فى القاع وطوله نحو ٦ سم وعرضه وعمقه نحو ١٥ سم ، ويوضع بطول حائط الشرفة ويصب فيه عدد من أنابيب النمو الرأسية (جـ) التى سبق وصفها وتستخدم مضخة صغيرة مغمورة فى الخزان فى ضخ المحلول فى الأنبوبة (أ) التى توصله إلى أنابيب النمو التى لا تحتوى أى مواد صلبة لنمو الجذور . ويثبت هذا الصف من الأنابيب فى حائط الشرفة .فوق خزان المحلول مباشرة وفى هــذه الحالة يمكن تنمية نباتات الخضر أو الأزهار فى مساحة لا تحتل أكثر من ١٥ سم من أرضية الشرفة التى يشغلها الخزان . كما تعتبر هذه الحديقة ديكور للشرفة فى هذه العمارات العالية . وبالنسبة لكفاية

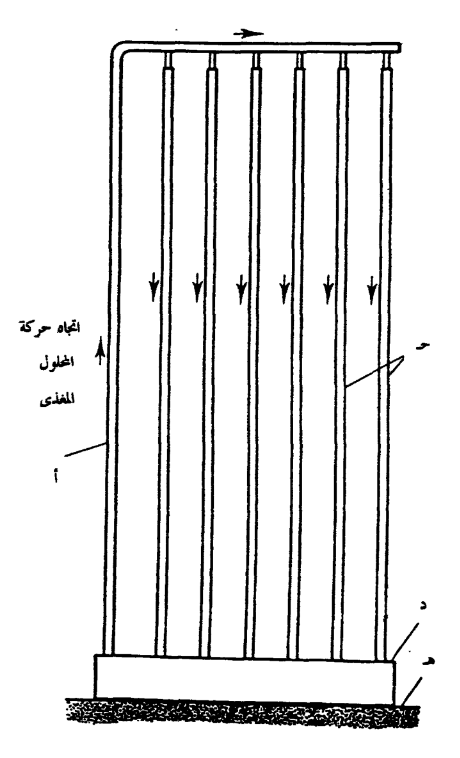


شكل رقم (٣٨) ــ حديقة منزلية متعددة الأدوار

الضوء وسرعة النمو تحتاج التغذية لمزيد من الاهتمام بما يماثل وحدات الغشاء المغذى فى الهواء الطلق والتى سبق وصفها .

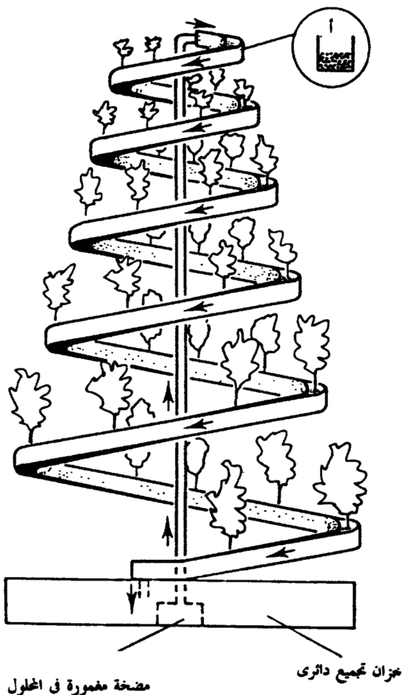
ويمكن زيادة تصميم « درجات السلم » الذى سبق وصفه بإضافة أوعية أخرى لتصبح خمس درجات تغطى الحائط فى فندق أو ما يماثل ذلك ، كما يمكن زيادة طول الأوعية لتصبح نحو ١,٥ م .

ويوضح شكل رقم ٤٠ « حديقة » دائرية تتكون من خزان دائرى تخرج من منتصفه أنبوبة (ماسورة) رأسية تتصل بها فى أسفلها مضخة صغيرة تضخ المحلول من الخزان إلى وعاء (أ) فى أعلا الأنبوبة (١٥×١٥×١٥ سم) يخرج منه حلزون يزداد قطره كلما قل ارتفاعه عن سطح الأرض ويتحرك فيه المحلول من أعلى إلى أسفل حتى يصل إلى الخزان ويملأ الوعاء بحبيبات من الطين المتمدد .



شكل رقم (٣٩) ـ حديقة منزلية رأسية

ويوجد العديد من التصميمات التى يمكن استخدامها كفواصل بين الحجرات بالمنزل وتتميز بأنها تحتاج إلى القليل من العناية ، ويمكن تركها مدة طويلة دون رعاية ، ولهذه الناحية أهمية خاصة فى حالة غلق المكاتب فى بعض العطلات الطويلة نوعا فى الأجواء الباردة مثل عطلة الكريسماس والتى يحدث كثيرا أن توقف التدفئة خلالها . ويمكن فى هذه الحالة وضع سلك تسخين Heating element فى الخزان ليضمن ألا تعانى النباتات منن انخفاض درجة الحرارة وليس هناك حاجة لحضور أحد الأشخاص إلى المكتب لسقى النباتات .



شكل رقم (٤٠) — حديقة دائرية

وقد يمكن الجمع بين بعض هذه التصميمات وبين التصميم الذى يستخدم فيه الخاصة الشعرية الذى سبق وصفه ، ويؤدى ذلك إلى مزيد من التبسيط حيث يمكن الاستغناء عن المضخة وعن الطاقة الكهربائية .

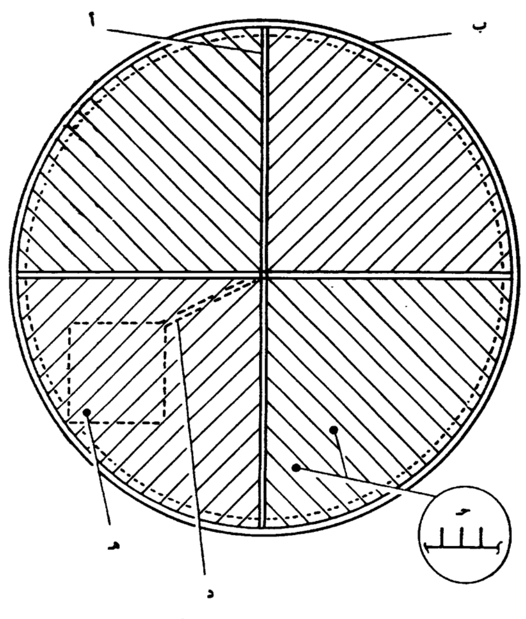
انتاج الأبصال والمسطحات :

يبدو لأول وهلة أن استخدام الغشاء المغذى لا يلائم انتاج الأبصال ، غير أنه يمكن الحصول على ابصال جيدة إذا ما أمكن للبصلة أن تستقر فى مجرى الغشاء . فمجرد القاء أبصال الدافوديل Daffodils فى مجرى الغشاء كافٍ لنموها ، ولا يهم إن كانت البصلة فى وضع قائم أو على أحد جوانبها . كما لا تتأثر إذا كانت عند حافة المجرى أو فى وسطه إذ يتكون نمو جيد للجذور أغلبه فوق سطح المحلول ، وتنمو السوق متجهة نحو القمة والضوء وتتكون زهرة عادية وذات صفات جيدة . ولو أن تجارب انتاج الأبصال فى الغشاء المغذى قليلة ولا تزال الحاجة واضحة لمزيد من هذه التجارب .

كما يمكن انتاج المسطحات الخضراء بالغشاء المغذى فتستخدم مجارٍ عريضة غير عميقة ومفتوحة ذات طول مناسب يتدفق فيها مع انحدارها تيار ضعيف غير عميق من المحلول ويبطن قاعها « حصيرة شعرية » وتنثر البذور على سطح الحصيرة المرطبة ، فلا تلبث خلال أيام قليلة أن تتخلل جذور البادرات طبقة الحصيرة الشعرية ، وسريعا ما تصل إلى الحجم المناسب لتسويقها ، وإذا كانت الحصيرة الشعرية قوية النسيج بالإضافة إلى النسيج الليفى الجذرى فإنه يمكن لفها مثل السجادة ويسهل فردها فى الموقع المراد زراعتها فيه ، ويجب ملاحظة أن يكون طول وعرض المجارى مناسبا حتى يتيسر تغطية المساحة المطلوبة يدويا .

ويتميز إنتاج المسطحات الخضراء بطريقة الغشاء المغذى بالآتى :

- اختيار أصناف وأنواع نباتات المسطح .
- رفع المسطح لا يتأثر بالظروف الجوية .



شكل رقم (٤١) ــ مرقد نباتات أزهار دائرى

ــ يمكن لف المسطح فيوفر نفقات القطع وكذا نفقات غرس كل نبات على حدة .

ــ انخفاض التكلفة أيضا لإنخفاض الوزن لعدم إلتصاق التربة بالجذور .

إنتاج نباتات الزينة والنباتات الدوائية :

(أ) إنتاج نباتات الزينة :

سبق وصف استخدام مجموعة القنوات المغطاة بغطاء صلب ذى فتحات لغرس النباتات فيها تتوافق مع خطوط المجارى ، ويمكن عمل هذه المجاميع فى أى شكل وفى مختلف التوافيق لتكون مراقد لنباتات أزهار الزينة ، ويوضح شكل رقم ٤١ مرقدا دائريا .

وأسفل المرقد الدائرى خزان يستقبل المحلول (هـ) ويضخ المحلول بواسطة مضخة رأسية (د) إلى أنابيب التوزيع الأربع (أ) التى تصب المحلول فى مجموعة القنوات (جـ) التى يتدفق فيها المحلول إلى انبوبة الصرف الدائرية (ب) ومنها عن طريق أنبوبة أخرى يتدفق المحلول إلى خزان التجميع (هـ) ويجب أن يكون لمجموعة القنوات ميل بسيط نحو قناة أو انبوبة الصرف (ب) . ويمكن أن تكون المجموعة على سطح الأرض ويكون خزان التجميع فى هذه الحالة مدفونا تحت سطح الأرض ، أو أن ترتفع مجموعة القنوات ــ أو الأنابيب ــ عن سطح الأرض ، وفى هذه الحالة يحاط مرقد النباتات بحافة وتغطى مجموعة القنوات بغطاء صلب ذى فتحات ، نغرس مكعبات النباتات من خلال هذه الفتحات وعادة تغطى النباتات معظم الغطاء .

وقد استخدمنا لفظ « الأزهار » عند استخدام نباتات من الجيرانيوم والبتونيا والماريجولد وغيرها ، غير أننا لا نجد ما يمنع منع استزراع « أشجار » مثل المخروطيات Conifers لاستخدامها كنباتات زينة جميلة . وحتى الأشجار الكبيرة يمكن زراعتها إذا وفرنا لها ما تستند إليه جذوعها ، وكذا ــ مع بعض التحوير ــ يمكن إستزراع الأبسطة الخضراء ، ويعطى استزراع حافة من « الجازون » حول مراقد الأزهار منظار جميلا .

و « مراقد الأزهار » التى وصفناها تلائم الحدائق فى المناطق الحارة الجافة لأنها تخفض فقد الماء إذ لا يحدث إلا عن طريق أوراق النباتات كما أنها توفر

العمالة بالحديقة . وبالنسبة إلى إمكان وضع هذه المراقد على أى مسطح حتى الأسمنتية فهى من أفضل ما يلائم حدائق السطح ، وهذه الحدائق نادرة فى مناطق المصانع والمكاتب والمحلات ، وأحد أسباب ذلك وزنها الكبير بالنسبة لأغلب السطوح مما يجعل من الضرورى إنشاء تقوية لهذه الأسقف بينما وزن حديقة الغشاء المغذى لا يشكل وزنا يذكر كما أن شكل مراقد الأزهار فى الغشاء المغذى يلائم حدائق الأسطح ذات الشكل الهندسى Formal .

والواقع أن استخدام الغشاء المغذى فى البستنة لا يزال وليدا ، وقد يتطور ليصبح فرعا من فروع البستنة ذا قيمة خاصة فى المناطق الرملية الجافة وفى المناطق السكنية .

(ب) إنتاج النباتات الدوائية :

يوجد عدد من المركبات الدوائية التى تستخلص من جذور النباتات فقط ، وفى رأينا أن إنتاج هذه النباتات باستخدام الغشاء المغذى يوافق تماما احتياجات صناعة الدواء لأنها تخفض نفقات الانتاج وتزيد الانتاجية .

فبالنسبة لخفض تكلفة الانتاج فنحن نعرف أن زراعة هذه النباتات فى الأرض يقتضى نزعها من التربة (عندما يسمح الجو بذلك) وتكون حبيبات التربة ملتصقة بالجذور ، بينما فى حالة استخدام الغشاء المغذى يمكن الحصول على الجذور دون أى ارتباط بحالة الجو وبسهولة ، وبالنسبة إلى « غسيل » الجذور بصفة مستمرة طوال نموها ، ولعدم وجود أى مواد صلبة فإن الجذور تكون صالحة للتصنيع مباشرة . وإذا استخدم النظام الذى يكفل الزرع والحصاد ذاتيا — آليا — وهو ما وصفناه مسبقا فإن هذا يؤدى إلى مزيد من خفض التكاليف ، وترتفع الانتاجية أيضا باستخدام الغشاء المغذى نتيجة للمزايا التى يكفلها هذا النظام خصوصا التحكم فى الظروف المحيطة بالجذور ، وعلى سبيل المثال ، من المعروف أنه إذا كان المحلول المستخدم مخففا ، فإن نسبة الجذور إلى الجذع تزداد ، فإذا كان انتاج المادة الدوائية متناسبا مع وزن الجذور

فإن إنتاج هذه المادة الدوائية سوف يزداد بزيادة وزن الجذور . وبالمثل يمكن تصور استخدام الغشاء المغذى للحصول على حبوب لقاح الأزهار .

إنتاج بعض حاصلات الخضر بنظام الغشاء المغذى :

تزرع أغلب حاصلات الخضر بالشتلات بعد انبات بذورها فى أحواض أو بغيرها من الطرق وقد أوضحنا ذلك فى موقع آخر من هذا الكتاب غير اننا نذكر القارىء بأن الشتلات التى تزرع فى قنوات الغشاء المغذى يجب ألا تكون قد استنبتت فى التربة حتى لا ينقل معها ما فى التربة من فطريات وأمراض إلى الغشاء المغذى فضلا عن أن تغيير بيئة النمو من التربة إلى الماء قد لا تتحمله جذور الشتلة المنقولة .

ويفضل العديد من الزراع انتاج الخضر فى المحميات حتى يتحكموا فى موعد الحصاد ليتجنبوا تسويق المحصول فى فترات زيادة العرض عن الطلب (من الخضر المزروعة فى العراء) مما يؤدى إلى إنخفاض أسعار منتجاتهم وقد أشرنا إلى الزراعة المحمية بإيجاز فى موقع آخر من هذا الكتاب ويمكن الرجوع إلى كتابنا « الزراعة المحمية » لمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع . ومن أهم الخضر التى يحقق منتجوها أرباحا طيبة باستزراعها فى المحميات ، الطماطم والخيار والفلفل والكانتالوب ويمكن الاستعانة ببعض الكتب المتخصصة فى علوم الخضر مثل أساسيات إنتاج الخضر لأحمد عبد المنعم حسن فيما يتصل بالأصناف والعمليات الزراعية الخاصة بكل محصول .

وتقنيات الغشاء المغذى لا تتأثر سواء فى العراء أو داخل الصوب وتجعل المنتج أكثر قدرة على توفير الظروف الأكثر ملاءمة للمحصول المراد إنتاجه .

إنتاج الطماطم فى الصوب

الطماطم من حاصلات الخضر شائعة الاستهلاك على مدار العام ، ويقبل العديد من الزراع على إنتاجها ، غير أن العامل الأساسى فى تحقيق أرباح عالية من إنتاجها ليس هو حجم المحصول الناتج وتكلفة إنتاجه فقط بل هو موعد

تسويق هذا المحصول ، ويتحدد ذلك من موعد شتلها ، فالمدة بين موعد الشتل وموعد الحصاد نحو سبعين يوما ، فالزارع يستطيع أن يعرف مقدما موعد تسويق محصوله من موعد شتل النباتات .

وبالنسبة للإقبال على زراعة الطماطم فى الحقول المكشوفة فزراعة الطماطم بالمحميات تعتمد على اختيار موعد تسويق المحصول الذى يقل فيه تسويق إنتاج الحقول المكشوفة ويتجنب زراع الحقول المكشوفة شتل حقولهم بالطماطم خلال الفترات شديدة البرودة من ديسمبر حتى فبراير والفترات شديدة الحرارة من ابريل إلى يونيو وبذا يقوم زراع المحميات بشتل محصولهم فى هذه المواعيد ما دام جو المحمية يحمى الشتلات من شدة البرد أو شدة الحر .

ويكون تسويق انتاجهم فى الفترة من يوليو حتى اكتوبر أو من مارس حتى مايو ، وبذا يحققون ربحا طيبا لإنفرادهم بالسوق .

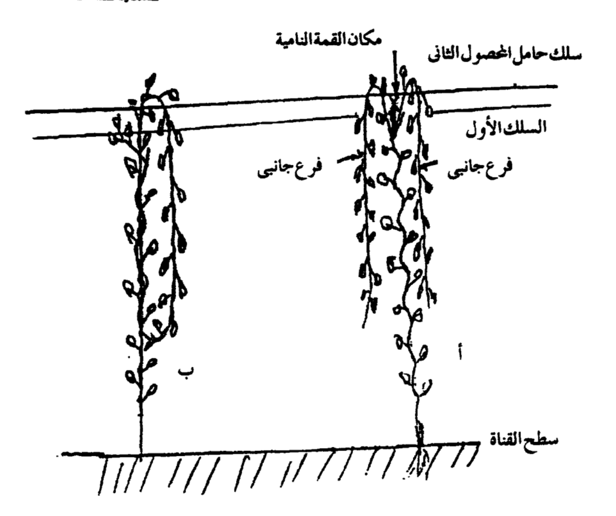
تربية وتقليم النباتات :

تحتاج بعض حاصلات الخضر إلى تربيتها حتى يمكن الحصول منها على أعلى إنتاجية ويكون ذلك عادة بتوجيه النباتات لتمتد حتى تنتج أكبر قدر من الأزهار ويستعان فى ذلك بربط النباتات فى أسلاك وسنوضح ذلك فى حالة الطماطم كما يلى :

فى حالة تربية الأصناف المهجنة غير محدودة النمو داخل الصوب وباستعمال تقنيات الغشاء المغذى فإن النباتات تربى رأسيا على ساق واحدة (شكل٤٢) بالطريقة الآتية :

١ـــ عندما يصل طول النباتات إلى ٢٠ ـــ ٢٥ سم ، يربط خيط فوق كل نبات على حامل المحصول يتدلى إلى أسفل بحيث يصل الخيط إلى سطح قناة الغشاء المغذى .

٢ـــ تربط الخيوط المدلاة حول ساق النبات من أسفل على شكل دائرة قطرها ٣ ـــ ٤ سم تقريبا . وقد يستعض عن ذلك بشد خيط أفقى بجانب كل



شكل رقم (٤٢) — يوضح الطريقة أ، ب المتبعة فى تربية الطماطم

صف بطول الصوبة وتربط فيه الخيوط الرأسية التى سوف تربى عليها النباتات . وتوجه النباتات على الخيط الرأسى بشكل حلزونى فى إتجاه واحد مرتين فى الأسبوع حتى لا ترخى النباتات .

٣ — تجرى عملية السرطنة (تقليم الأفرع الجانبية) فى الصباح الباكر وذلك بإزالة الأفرع الجانبية التى تتكون فى آباط الأوراق عندما يصل طولها ٣ — ٥ سم كل ٢ — ٣ يوم .

٤ــ عندما يبدأ جمع المحصول تزال الأوراق السفلية الموجودة أسفل العنقود الذى تم جمعه لإعطاء الفرصة لزيادة التهوية والإضاءة .

٥ــ عندما تصل النباتات إلى مستوى سلك حامل المحصول الموجود على إرتفاع حوالى ٢ متر ، تربى النباتات بعدة طرق أبسطها هى :

أ ــ تقصف القمة النامية مع ترك آخر فرعين جانبيين قبل القمة النامية لتنمو وتوجه من فوق السلك إلى أسفل ، وتسرطن الفروع الجانبية بنفس طريقة سرطنة الساق الرئيسية .

ب ــ وتسمى **Dutch back system** وفيها تترك القمة النامية للساق الرئيسية بدون إزالة . وعندما تصل إلى أعلى السلك توجه القمة النامية على الخيط المجاور إلى أسفل حتى تصل إلى حوالى ٩٠ سم من سطح القناة حيث توجه بعد ذلك إلى أعلى ثانية على الخيط الأصلى .

التحكم فى النمو الخضرى للنبات فى ضوء خافت :

تعانى النباتات المثمرة مثل طماطم الصوب فى المناطق الشمالية (من الكرة الأرضية) من عدم كفاية الطاقة الضوئية ، وتحت هذه الظروف يقتضى تنظيم النمو الخضرى وتشجيع تكون الثمار بتوجيه أغلب نواتج الكلوروفيلى (الأيض) نحو النمو الثمرى ، وإذا لم يتحكم المنتج فى هذا النمو الخضرى فلن يحصل إلا على نمو ثمرى ضئيل .

ويوفر نظام الغشاء المغذى ظروف مثالية للنمو السريع للنبات ، فإذا أريد خفض النمو الخضرى فإن نظام الغشاء المغذى أيضا ييسر تنفيذ ذلك وبصفة مستمرة بشكل يفوق أى طريقة أخرى .

وفى حالة طماطم الصوبة مثلا إذا سخن المحلول المغذى بحيث يصل إلى قنوات الغشاء المغذى فى درجة ٣٢°م وإذا ثبتت درجة حرارة الهواء عند ٢٠°م فإن هذه الظروف تضمن عقد الثمار ونموها . وإذا ضبط الترموستات

عند درجة ٩°م فى الليل فإن هذه الدرجة المنخفضة ليلا تقلل النمو الخضرى وتنتج نباتا مندمجا ذا سلاميات قصيرة ، وبذا يتحقق إثمار جيد حتى فى حالة البذر المبكر تحت ضوء خافت . هذا التحكم فى حرارة الجذور والسيقان أساس التحكم فى النمو الخضرى . وقد يمكن وقف إدارة المحلول المغذى بعض الوقت خلال النهار فتعطيش النبات يزيد النمو الثمرى غير أن ذلك لم يتم اختباره إذ قد يؤدى نقص الماء إلى نقص فى المحصول وهو ما حصل عليه كوبر فى إحدى تجاربه .

ويقترح أيضا زيادة تركيز المحلول المغذى كوسيلة لتقليل النمو الخضرى كنتيجة لنقص القدرة على امتصاص الماء ولكن هذه الطريقة تخفض النمو الخضرى والثمرى معا . ولو أن فى بعض الأحيان لسبب غير واضح يؤدى وقف تدفق الماء إلى جذور النباتات إلى تقليل النمو الخضرى دون أن يؤثر على النمو الثمرى .

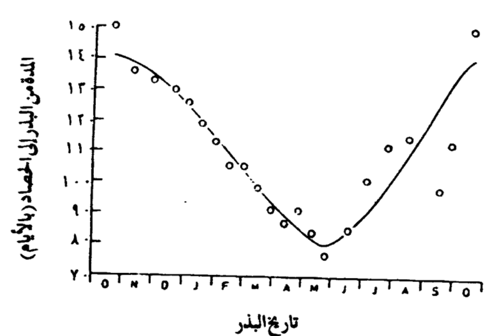
ولا يكتمل موضوع استخدام الغشاء الغذى لإنتاج الحاصلات ما لم نشر إلى إنتاج الطماطم ذات العنقود الواحد ، فالطريقة ــ الغشاء المغذى ــ أصلا قد اقترحت من أجل تحقيق هذا الإنتاج وكان أول نبات زرع بهذه الطريقة هو نبات طماطم ذو عنقود واحد .

وكان الهدف الذى أجريت من أجله التجربة بعد التجارب التمهيدية التى أجراها كوبر هو إنتاج طماطم على مدار العام فى جنوب انجلترا ، فقام ببذر الطماطم كل أسبوعين ولمدة ٢١ اسبوعا باستخدام تقنيات الغشاء المغذى ، وازيلت الأفرع الجانبية وكذا القمة النامية لكل نبات ابتداء من الورقة الرابعة فوق العنقود الثمرى الأول . ويوجد عادة ثلاث ورقات بين كل عنقودين ثمريين . كما أوضحت الدراسات التمهيدية أن محصول العنقود الثمرى الواحد يرتبط بعدد الأوراق التى تترك أعلاه فيزداد المحصول بزيادة عدد الأوراق المتروكة .

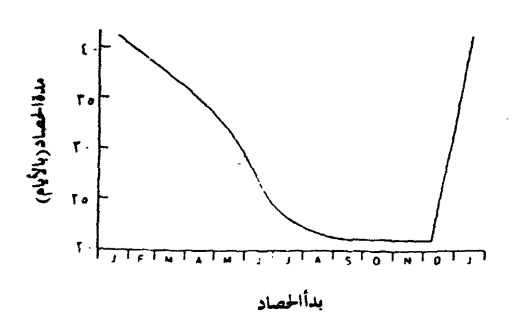
ويوضح شكل رقم ٤٣ علاقة أعمار النباتات عند بدء الحصاد (عدد الأيام من وقت البذر) وتاريخ البذر ، ومنها نعرف أن أقصر مدة بين البذر والحصاد هى تقريبا ١١ أسبوع أمكن تحقيقها من البذر فى شهر مايو وأن أطول مدة هى نحو ٢٠ أسبوعا عند البذر فى اكتوبر . كما أن مدة الحصاد كانت من حد أدنى ٣ أسابيع عندما بدأ جمع الثمار فى سبتمبر ، اكتوبر أو نوفمبر إلى حد أقصى ٦ أسابيع عندما كان الحصاد فى يناير ، ويوضح شكل رقم ٤٤ الإتجاه السنوى بين هذين الحدين .

وفى البلاد التى تستخدم الرش لإنضاج الثمار يمكن التخلص من المدة التى يتم فيها جمع المحصول وجمعه كله مرة واحدة .

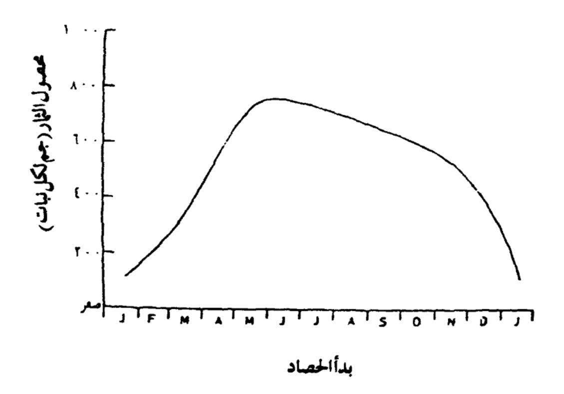
ويتراوح مقدار المحصول من ١٠٠ (مائة) جم لكل نبات عندما يبدأ الحصاد فى يناير إلى نحو ٨٠٠ جم (ثمانمائة) لكل نبات عندما يبدأ الحصاد فى يونيو (شكل رقم ٤٥) ، وقد أمكن الحصول على هذا المحصول بدون حقن هواء الصوبة بثانى أوكسيد الكربون ، فإذا حقن الهواء بثانى أوكسيد الكربون زاد المحصول المنخفض كثيرا فى حالة الضوء الخافت . ويمكن استخدام الخنادق مع التهوية الذاتية التى سبق وصفها فى إنتاج الطماطم ذات العنقود الواحد .



شكل رقم (٤٣) — علاقة أعمار النباتات عند بدأ الحصاد وتاريخ البذر



شكل رقم (٤٤) — علاقة تاريخ بدأ الحصاد ومدة الحصاد



شكل رقم (٤٥) — العلاقة بين تاريخ بدأ الحصاد ومقدار المحصول

ويمكن استخدام بعض الوسائل لتحسين عقد الثمار داخل الصوب بتوفير رطوبة نسبية نحو ٧٠٪ وهز الأسلاك التى ترجى عليها النباتات لمساعدة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار نظرا لعدم وجود رياح داخل الصوبة كما يمكن رش الأزهار ببعض منظمات النمو التى تساعد على تحسين عقد الثمار وقد أوضحنا ذلك فى موقع آخر من هذا الكتاب .

الفلفل الحلو

يحتاج الفلفل إلى درجة حرارة ١٧ ــ ١٨°م ليلا و ٢٢ ــ ٢٤°م نهارا ويتوقف النمو وعقد الثمار فى درجات الحرارة المنخفضة (١٠°م) كما لا يتحمل النبات درجات الحرارة العالية إذ تكون الثمار التى تعقد فى درجة حرارة ٢٧ ــ ٢٨°م صغيرة مشوهة ولا يحدث عقد الثمار فى درجة حرارة ٣٣ ــ ٣٥°م.

وكما هو الحال فى الطماطم يبدأ الإثمار بعد نحو ٧٠ ــ ٨٠ يوما من الشتل وبذا يمكن للمنتج أن يعرف موعد تسويق محصوله .

أصناف الفلفل الملائمة للنمو فى المحميات والعمليات الخاصة بالمحصول يمكن الرجوع إلى بعض الكتب المتخصصة .

التربية والتقليم :

يرى حسن أنه لا فائدة من إجراء تقليم لنباتات الفلفل فى الزراعات المحمية ولكن يكتفى بتدعيم النباتات لحماية الأفرع من الميل إلى أسفل والإنكسار .

الكانتالوب

يحتاج الكانتالوب إلى جو دافىء فدرجة الحرارة المناسبة لإنبات بذوره ٢٥ ــ ٣٠°م وأنسب درجة حرارة للنمو الخضرى ١٨ ــ ٢١° ليلا و ٢٣ ــ ٢٧°م نهارا ويجب ألا تزيد نسبة الرطوبة الجوية عن ٦٠ ــ ٦٥٪

حول النباتات حتى لا تزداد الإصابة بالفطريات وينخفض المحصول إذا زادت عن ذلك أما إنخفاض نسبة الرطوبة عن ذلك فيؤدى إلى سقوط الأزهار .

ويبدأ نضج الثمار بعد ٨٠ ــ ١٠٠ يوما من الزراعة حسب الصنف وموعد الزراعة ويمكن تحسين عقد الثمار بتربية النحل قرب الصوبة أو بداخلها .

التربية والتقليم :

الكانتالوب يربى رأسيا وهى صفة تلائم تقنيات الغشاء المغذى كما يلى :

١ــ تربط النباتات رأسيا على الخيوط .

٢ــ تزال جميع الأزهار والأفرع الجانبية الموجودة على ساق النبات حتى ارتفاع ٨٠ ــ ١٠٠ سم بعدها يحتفظ بأربع أفرع جانبية .

٣ــ تقصف القمة النامية لهذه الفروع الأربعة فى وقت واحد ، وذلك عندما تعقد الثمار التى عليها وتصبح فى حجم البيضة .

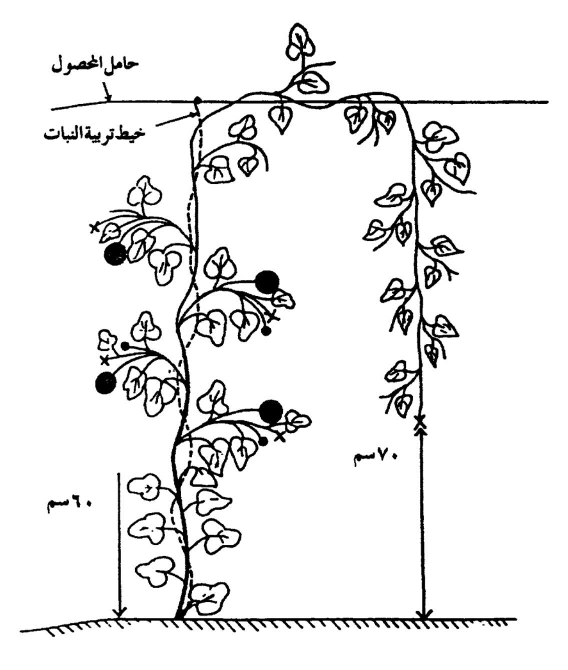
٤ــ يترك النبات لينمو رأسيا بعد ذلك مع تقليم الفروع الجانبية على ٢ ــ ٣ ورقات إذا كان النمو الخضرى قويا .

٥ــ عندما تصل الثمار المرباه إلى مرحلة اكتمال الحجم الأخضر يمكن تربية ٢ ــ ٣ فروع أخرى من قمة النبات بنفس الطريقة (شكل ٤٦) .

الخيار

ــ الإحتياجات البيئية :

تنبت بذور الخيار عند درجة حرارة من ٢٥ ــ ٣٠°م . وأحسن درجة حرارة لنمو النبات هى من ١٨ ــ ٢٠°م ليلا و ٢١ ــ ٢٤°م نهارا . ويؤدى انخفاض درجة حرارة الليل عن ١١°م إلى بطء نمو النبات ، وقلة عدد الثمار الناتجة .



شكل رقم (٤٦) ــ رسم تخطيطي لطريقة تربية نبات الكانتالوب

× - ترمز إلى مكان التطويش

○ - ترمز إلى الثمرة التي تبقى على النبات

ه - ترمز إلى الثمرة التي تزال

ويؤدى إرتفاع نسبة الرطوبة إلى إنتشار الأمراض الفطرية . كما أن إرتفاع تركيز غاز ك أ٢ داخل الصوب حتى ١٣,٠٪ يؤدى إلى زيادة النمو الخضرى ، والتبكير فى تكوين البراعم الزهرية ويعمل على زيادة نمو البراعم الجانبية .

ــ الأصناف :

يجب أن يتوافر فى أصناف الخيار التى تزرع تحت المحميات المواصفات التالية :

١ــ أن تكون من الأصناف الهجين ذات إنتاجية عالية .

٢ــ يمكن تربيتها رأسيا .

٣ــ أن تتحمل الجو البارد ، وأن تكون إحتياجاتها الضوئية أقل من أصناف الحقل المكشوف .

٤ــ أن تكون مقاومة للأمراض الفطرية .

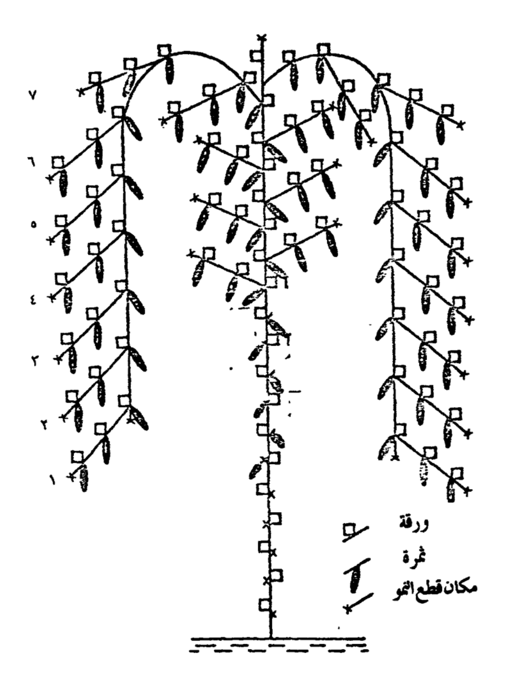
٥ــ أن تكون ذات أزهار مؤنثة فقط وقادرة على العقد البكرى حتى نحصل على محصول عال دون الحاجة إلى التلقيح بالحشرات .

٦ــ أن تكون ذات مواصفات مقبولة للتسويق المحلى والخارجى .

ــ تربية وتقليم النباتات :

يتم تربيط نباتات الخيار عندما تصل إلى ٤ ــ ٥ أوارق حقيقية ، حيث يربط كل نبات بواسطة خيط من قاعدة الساق ويتجه إلى أعلى ويربط فى سلك حامل المحصول بطريقة يمكن معها إدخال الخيط أو شده حسب حالة نمو النبات . وتتم عملية تقليم النباتات (تربية النباتات) بهدف إحداث توازن بين النمو الخضرى والنمو الثمرى للنبات ، حيث يخرج فى إبط كل ورقة على الساق الحقيقية ثمرة وفرع جانبى . وتتم هذه العملية بطريقتين :

الطريقة الأولى (شكل ٤٧) :



شكل رقم (٤٧) — التربية الرأسية للخيار (الطريقة الأولى)

١ــ تزال جميع الثمار والفروع الجانبية على العقد الست الأولى (حتى إرتفاع ٦٥ سم) .

٢ــ يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ، يسمح كذلك بنمو ثمرة عند العقدة الأولى من كل فرع ، لكن لا يسمح بنمو ثمار على الساق الأصلية ، كما تقطع جميع الأفرع بعد العقدة الأولى (حتى ارتفاع ١٣٠ سم) .

٣ــ يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ويسمح كذلك بنمو ثمرتين عند العقدتين الأولى والثانية من كل فرع ، وبنمو ثمرة على الساق الأصلية عند كل عقدة وتقطع جميع الأفرع بعد العقدة الثانية (حتى إرتفاع ١٨٠ سم) .

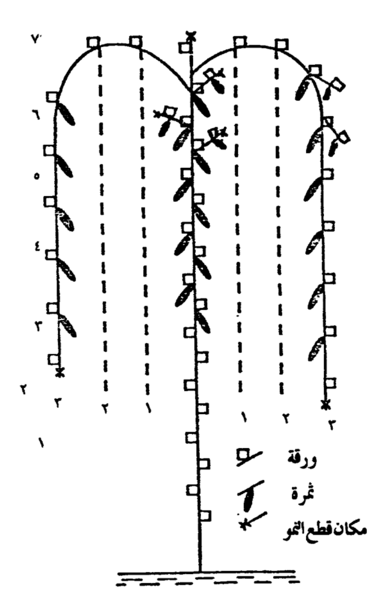
٤ــ يسمح بعد ذلك بنمو فرعين جانبيين يتدليان لأسفل من الجانبين ، ويسمح لكل فرع بأن تنمو به ثمرة وفرع جانبى عند كل عقدة ، كما يسمح لكل فرع جانبى بتكوين ثمرتين ، ثم يقطع بعد العقدة الثانية .

أما الطريقة الثانية (شكل ٤٨) ، فيكون التقليم فيها كالتالى :

١ــ لا يسمح بنمو ثمار أو فروع على العقد الثمان الأولى (حتى ارتفاع ٩٠ سم) .

٢ــ يسمح بنمو الثمار على العقد الثمان التالية ، ولكن لا يسمح بنمو أفرع جانبية حتى ارتفاع ١٨٠ سم .

٣ــ يسمح بنمو فرعين جانبيين بعد ذلك يتدليان لأسفل ، ويحمل كل منها ثمارا عند العقد ، دون أن يسمح بنمو أفرع ثانوية عليها .



شكل رقم (٤٨) ــ التربية الرأسية للخيار (الطريقة الثانية)

ــ تحسين عقد الثمار :

يحدث فى بعض الأحيان أن الثمار لا تعقد عقدا كاملا وتكون الثمار صغيرة وتصبح صفراء وغير صالحة للاستهلاك فى حوالى ٤٠ ــ ٥٠٪ من الثمار المتكونة على النبات ، ويرجع ذلك إلى العوامل الآتية :

١ ــ أن عملية التقليم لم تتم بصورة جيدة ، مما يؤدى إلى إختلال التوازن بين النمو الخضرى والثمرى .

٢ـــ إصابة النباتات بالآفات أو الأمراض ، وبالتالى يقل معدل النمو وتصبح النباتات غير قادرة على تغذية معظم الثمار بشكل جيد . ولذلك فمقاومة الآفات بصورة جيدة أمر ضرورى .

٣ـــ إنخفاض درجة حرارة الجو إلى أقل من ١٢°م وبالتالى يقل الإمتصاص ونمو النبات وبالتالى يجب العمل على تدفئة محلول الغشاء المغذى كما سبق ذكر ذلك .

ـــ الحصاد :

يبدأ جمع المحصول بعد حوالى ٤٥ ـــ ٦٠ يوم من الشتل فى قنوات الغشاء المغذى .

أثر استخدام الغشاء المغذى على تسويق المنتجات :

من خصائص الانتاج باستخدام الغشاء المغذى أن المنتجات ذات مجموع جذرى لا تعلق به أية مواد صلبة . ولهذه الخاصية مزايا كثيرة حسب نوع المنتج .

ففى حالة إنتاج الخس بالطريقة العادية ـــ فى التربة ـــ يقطع الخس (جزء من الرأس) وتنزع الأوراق القاعدية وتغلف الخسة فى كيس من البوليثين وتصف هذه الأكياس فى صناديق من الكرتون للتسويق ، أما فى حالة استخدام الغشاء المغذى فلا داعى لقطع الخسة بل يكفى أن تنزع من قناة الغشاء المغذى بجذورها كاملة ، والجذر فى هذه الحالة يكون مستديرا ذا قطر يقل عن قطر الخسة ويمكن نزع أى أوراق قاعدية تالفة وتوضع الخسة كاملة بجذورها فى كيس البوليثين ، وبالنسبة لأن الخسة لا زالت محتفظة بجذورها الليفية الرطبة داخل الكيس البوليثينى تظل طازجة فترة أطول أى يمكن نقل الخس إلى مسافات طويلة ويظل فى حالة طازجة وهى صفة ذات أهمية عندما يراد نقل الخس من شمال افريقية إلى شمالى وغربى أوروبا على سبيل المثال . بعد وصول شحنة الخس عند البائع تقطع الجذور عادة ويسوق بالطريقة المعتادة غير أنه من الأفضل أن تتغير طريقة البيع ـــ بالقطاعى ـــ هذه للاستفادة من استخدام

الغشاء المغذى فى الإنتاج إذ يمكن وضع الخس بجذوره فى صوانى تحتوى على قليلا من الماء فلا يقطع منها شيء ويحصل المشترى على خس أجود وطازج . ومن الممكن أيضا ترك الخس داخل الأكياس البوليثين ويعرض فيها للبيع ويوضع علامة على الخس المنتج توضح أنه إنتاج الغشاء المغذى فيمكن الحصول على سعر خاص له للجودة التى يتصف بها فضلا عن أنه طازج ، وتزداد المبيعات بالتركيز فى الاعلانات على أنه « خس طويل العمر » Long-life NFT lettuce ، ولا يوضع هذا الخس فى الثلاجة بل يوضع فى طبق به ماء فيمكن للمشترى استهلاكه على مدى فترة أطول . وافضل وسيلة فى تسويق أصول النباتات المنتجة باستخدام الغشاء المغذى أن يخصص للمنتج مكانا للبيع يكون به مجموعة من قنوات الغشاء المغذى مشابهة إلى حد كبير للمجموعة المستخدمة فى الإنتاج ، وينقل إليها الأشجار والشجيرات التى يراد تسويقها وتقل نفقات النقل لأن النباتات لا تكون فى أوعية ملأى بالأسمدة المبللة كما هى العادة ، كما يمكن تصفيف النباتات متلاصقة فوق بعضها لعدم وجود الأوعية ، وتوقف النباتات عند وصولها فى قنوات الغشاء المغذى فى الموقع المعد لذلك حيث تكون التغذية والرى ذاتيا حتى يتسلمها المشترى ، وبعد أن يوضع الجذر فى كيس بوليثين ، وبذا يخفض استخدام الغشاء المغذى تكلفة النقل والصيانة حتى يتم بيعها فضلا عن توفير قيمة الأوعية وما يتصل بها .

استخدام الغشاء المغذى فى انفاق الفراولة :

نسبت هذه الانفاق إلى الفراولة لشيوع استخدامها فى انتاج الفراولة ، وهى عبارة عن عدد من أنصاف دوائر من السلك المجلفن تغرس أطرافها فى التربة على أبعاد نحو ٧٥ سم وتبلغ المسافة بين طرفى الحلقة نحو ٦٠ سم فى القاعدة وارتفاعها نحو ٦٠ سم أخرى . ويفرد غشاء البوليثين المقاوم للأشعة فوق البنفسجية فوق هذا الصف من الحلقات ابتداء من الحلقة الأولى بدفن أحد طرفى الغشاء (يبلغ عرض الغشاء ١,٢م) ويشد فوق الحلقات ويثبت فى نهاية الصف ويغرس طرفا حلقة من نفس السلك مماثلة للحلقات السابقة

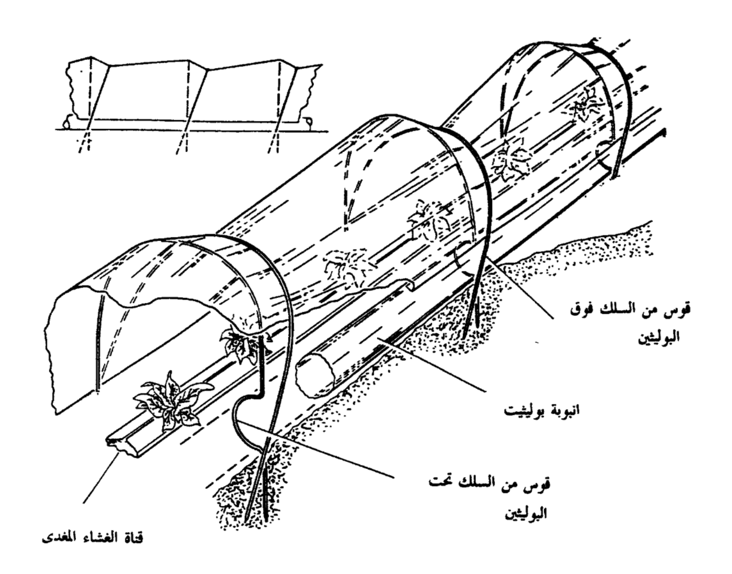
ومجاورة لكل حلقة فوق الغشاء فى التربة لزيادة تثبيت الغشاء ، كما يمكن استخدام شريط من البولى بروبيلين بلفه حول طرف الحلقة وشده ثم لفه فى طرف الحلقة الآخر . ويمكن خدمة المحصول برفع الغشاء فيما بين إحدى الحلقتين الداخلية والخارجية ثم إعادتها .

وتستخدم قنوات الغشاء المغذى فى حالة محصول قليل الإرتفاع بوضعها داخل الخندق . وبتمرير محلول مغذٍ ذى حرارة مرتفعة نوعا يمكن تنمية النباتات فى درجات حرارة هواء منخفضة عن الدرجة التى تفضلها . كما تنتشر الحرارة من المحلول المغذى إلى الهواء المحيط بالنباتات داخل النفق ، ويعتبر ذلك وسيلة لمقاومة الصقيع . كما يمكن تجهيز الخندق بأنبوبة ومروحة تدفع الهواء داخل النفق . ويثبت فى أنبوبة التهوية ترموستات فى منتصف النفق الأوسط ، وعندما ترتفع درجة الحرارة نتيجة أشعة الشمس تقوم الترموستات بإيقاف المروحة وتتقلص الأنبوبة ، وهذا يؤدى إلى دخول تيار الهواء الخارجى من فتحة النفق فى أحد الطرفين ، وعندما تنخفض درجة حرارة هواء النفق نتيجة التهوية يعمل الترموستات على تشغيل المروحة التى تنفخ أنابيب التهوية فيؤدى ذلك إلى غلق الفتحة الطرفية ويتوقف تيار الهواء (شكل رقم ٤٩) .

استخدام الغشاء المغذى فى انتاج علائق الحيوانات :

يؤدى إنتاج العلائق باستخدام الغشاء المغذى لتغذية حيوانات اللبن أو اللحم خصوصا حيث لا يمكن لهذه الحيوانات أن تغادر حظائرها ، إلى إمكان تحقيق هذا النوع من النشاط فى مواقع لا تلائم أجواؤها للحيوانات أو لا تنتج أرضها الغذاء .

فإذا كانت الحظيرة مكيفة الهواء فإن الظروف الجوية غير الملائمة لا يكون لها الأثر الضار على الحيوانات ، وتصبح المشكلة هى مد هذه الحيوانات بالغذاء بتكلفة إقتصادية ومن الأفضل أن ينتج هذا الغذاء محليا .



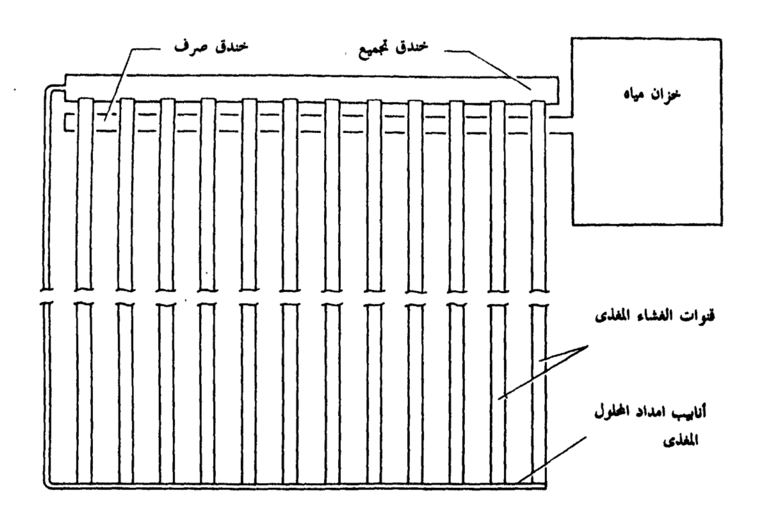
شكل رقم (٤٩) ــ نفق منخفض بتهوية أتوماتيكية

وفى حالة قطيع من الأبقار المنتجة للبن فإنها تحتاج إلى أربعة مكونات فى غذائها وهى المعادن وعوامل النمو الأخرى ، الكربوهيدرات والبروتين والألياف (كغذاء مالىء) ، وفى حالة عدم مغادرة الحيوانات لمبنى الحظيرة يجب ضمان وجود غذاء بصفة دائمة أمام كل حيوان . على أن يكون هذا الغذاء مستساغا بحيث يأكل الحيوان منه قدرا كافيا حتى يستطيع أن يدر قدرا عاليا من اللبن لا يقل عن ١٤٠٠ جالون فى السنة (نحو ٦٠٠٠ كجم) ، ويمكن أن يتحقق ذلك بتوفير عليقة مكونة من مخلوط من مركزات البروتين والسيلاج والقمح والشعير ورءوس بنجر السكر

والمولاس (العسل الأسود) ، ويتم ذلك بزراعة هذه المواد فى نفس الموقع رغم عدم ملاءمة الظروف ، مثل أن تكون التربة رملية أو صخرية فى منطقة حارة جافة شديدة الضوء .

ولانتاج النجيليات باستخدام الغشاء المغذى تستخدم قناة الغشاء المغذى ذات عرض نحو ١,٥م مفتوحة غير عميقة ــ نحو ٥ سم ــ صلبة خالية من الثقوب ، ويمكن تغطية الموقع بالخراسانة مع عمل القنوات الواسعة الضحلة من الخرسانة نفسها ، ويفرد شريط من الورق ذى عرض مساوٍ لعرض القناة الذى سبق التأكد بعدم سميته ، على سطح كل قناة ، وتنثر بذور النجيليات على سطح الورق ، ويمرر ماء بعد ضبط رقم pH فى القنوات دون إضافة أى مغذيات مع تخفيض معدل التدفق بحيث يضمن ترطيب الورق دون أن يجرف البذور ، وبمجرد انبات البذور وتخلل الجذور للورق ــ ويتم ذلك بعد نحو ٤ أيام عادة ــ يزاد معدل تدفق الماء خارج القناة إلى نحو ١ لتر /١ دقيقة مع إضافة المغذيات إلى الماء ، وبعد نحو عشرة أيام تكون النباتات خضراء ، ويمكن خفض إرتفاع درجة حرارة الماء فى القنوات نتيجة أشعة الشمس بتظليل القنوات بغشاء بلاستيكى وبمضى الوقت سوف يظلل النمو الورقى للنجيليات سطح المحلول كما يقلل مرور الهواء خلال أوراق النباتات مما يقلل فقد الماء بالبخر والنتح ، ويمكن تظليل المبنى كله بواسطة مظلة من البلاستيك لخفض فقد الماء بالبخر والنتح إذا زادت الحرارة .

ويجب قطع ــ حش ــ النباتات مرارا حتى لا تطول إذ أنه إذا تركت النباتات لتطول فإنها تكون عادة قصيرة فى وسط القناة ، ويتم تجهيز النباتات المقطوعة استعدادا لخلطها ضمن عليقة الحيوانات . وبهذه الطريقة أمكن تنمية نباتات النجيل وحشها لمدة عام فى إنجلترا ، وكان النبات فى آخر العام لا يقل إنتاجا عنه فى بداية التجربة .



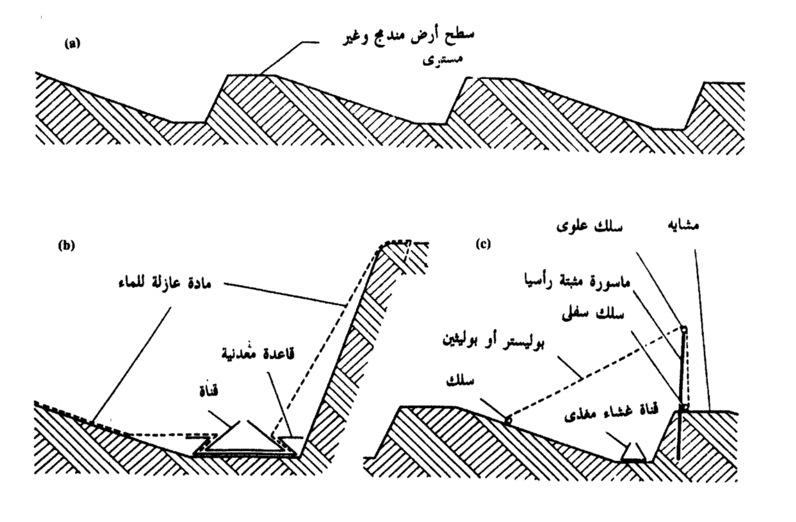
شكل رقم (٥٠) ـــ نظام غشاء مغذى يستخدم لتجميع الماء سطحيا

استخدام قنوات الغشاء المغذى العادية فى ظروف غير ملائمة :

لا تؤثر ظروف الأرض غير الملائمة ، مثل شدة الإنحدار وخواص التربة غير الملائمة أو عدم توفر التربة أصلا ، على استخدام طريقة الغشاء المغذى وبالتالى فسوق نصرف النظر عن هذه الظروف ، والصعوبة الأساسية التى تواجه استخدام الغشاء المغذى هى الظروف الجوية إذ يكون الجو شديد الرطوبة أو شديد الجفاف والحرارة . ففى المناطق الإستوائية الممطرة توجد مشكلتان تواجهان إنتاج الحاصلات ، الأولى أن هذا الجو الحار الرطب يلائم نمو كثير من الكائنات المسببة للأمراض ، وقد ناقشنا مقاومة الآفات فى موقع آخر من هذه الصفحات .

والمشكلة الثانية هى فقد النيتروجين « بالغسيل » الناتج عن غزارة الأمطار ، ويعالج ذلك عند تصميم قنوات الغشاء المغذى بثنى طرفى جدارى القناة المعدنية أو البلاستيكية بحيث يتقاربان ، وبذا لا تنفذ الأمطار إلى داخل القنوات ، ولا يفقد من النتروجين المضاف شيء حتى يتم امتصاصه بواسطة النباتات ، كما يمكن تغطية خزان الصرف بنفس الطريقة بحيث لا يصله ماء المطر ، وبذا لا يصل ماء المطر إلى النظام كله ، وعند غرس النباتات فى قناة الغشاء المغذى فإن ساق النبات سوق تنفذ من خلال طرفى القناة المنطبقين ، غير أن الفتحة الناتجة ضيقة وبذا لا ينفذ المطر الغزير إلى داخل القناة ، والجزء اليسير الذى ينفذ منه لا يسبب « غسيل » العناصر المغذية ، ويمكن إعتباره تعويضا عن الماء الذى يفقد بالنتح .

والصعوبة الأساسية فى ظروف المطر الغزير هى تدفق الماء على سطح الأرض التى تقام عليها قنوات الغشاء المغذى . وفى هذه الحالة يقتضى اتخاذ بعض الاحتياطات لوقاية الأرض من الإنجراف بواسطة الماء ، ولو أن أغلب هذه الإجراءات التى تحمى الأرض من الإنجراف بالماء تزيد تدفق الماء على السطح ، وعلى سبيل المثال رش سطح الأرض بطبقة من البلاستيك ـــ لحمايتها من الإنجراف ـــ يؤدى إلى تدفق ماء المطر مع إنحدار الأرض غير أن هذا التدفق



شكل رقم (٥١) ـ استخدام قنوات الغشاء المغذى فى ظروف غير ملائمة

لا يعتبر مشكلة بل يمكن تحويله إلى ميزة ، شكل رقم ٥٠ ، وذلك بإنشاء مصرف يستقبل تدفق الماء ويسبق المصرف المجمع ويستقبل هذا المصرف الماء المتدفق ويوصله إلى خزان خاص بينما تعبر قنوات الغشاء المغذى فوقه لتصب فى المصرف المجمع . والماء المجمّع فى هذا الخزان الخاص قد يسد جميع احتياجات المحصول من الماء ، وبذا يصبح« جهاز » الغشاء المغذى ذا وظيفتين ، إنتاج المحصول وتجميع ماء المطر .

وثمة ميزة أخرى لنظام تجميع ماء المطر فى المناطق المعتدلة ، ففى بعض مناطق إنجلترا يحتوى الماء (العادى) مقادير زائدة منن الصوديوم ولذا يعتبر ماء المطر مصدرا للماء النقى لخزان الغشاء المغذى .

وفى منطقة حوض البحر المتوسط والمناطق الجافة يكون الصيف جافا ، وقد يكون أيضا شديد الحرارة فترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى ٦٠°م غير أن الحرارة بالليل تنخفض كثيرا ، وبذا تنخفض قدرة الهواء مساءً على استيعاب الرطوبة التى حمّل بها نهارا ويتكثف بخار الماء فى صورة ندى . ففى هذه المناطق الجافة يكون العامل المحدد لإنتاج الحاصلات هو الماء وليس التربة ، ولذا يفضل تقويم الإنتاج ليس بإنتاجية وحدة الأرض بل وحدة الماء ، كما أن التربة فى كثير من المناطق الجافة خشنة القوام وفقيرة فى المادة العضوية ، وهذه التربة يمكن صياغتها فى أشكال مندمجة وتثبيتها باستخدام التقنيات الحديثة ، وبذا يمكن إنشاء خطوط وقنوات من الشرق إلى الغرب كما هو موضح فى شكل رقم ٥٠ . وتوضع قنوات الغشاء المغذى عند قاعدة الإنحدار المواجهة للشمال ، والإنحدار الشديد يظلل القناة والنباتات الصغيرة بها ، وبذا تنخفض درجة الحرارة ومعدل فقد الماء ، ويغطى كلا الإنحدارين الشديد والبسيط بغشاء غير منفذ للماء ذى جذب سطحى منخفض وتساعد خواصه ولونه على الحصول على أقل درجة حرارة على سطح الأرض مساء ، وتثبت الحواف السفلى لهذا الغطاء بوضعها فى قاع القناة المعدنية للغشاء المغذى ، بينما تثبت

الأطراف العليا فى التربة ويحقق ذلك تدفق أى ماء مطر أو ندى على سطح الغطاء إلى قنوات الغشاء المغذى .

وبالنسبة لدرجات الحرارة العالية صيفا يقتضى توفير تظليل إضافى مع ما سبق أن أوضحنا من التخطيط المواجه للشمال والتغطية بغطاء غير منفذ للماء ويتم هذا التظليل بغرس قوائم معدنية فى الأرض على أبعاد ٢م من بعضها ويمد سلك خلال فتحات أعلى هذه القوائم وسلك آخر من خلال فتحات فى أسفل القوائم عند سطح الأرض وسلك ثالث يمد بطول سطح الغطاء غير المنفذ للماء يغطى الجانب غير العميق كما هو موضح بالشكل رقم ٥١ ، ويتوفر التظليل من غشاء بولى استر يوضع على السلك العلوى ويثبت فى السلكين السفليين بواسطة مشابك . ويسمح البولى استر بمرور الهواء كما أنه لا يتلف بتعرضه لأشعة الشمس القوية . وتتم خدمة النباتات بنزع البولى استر من السلك السفلى لإيجاد ممر بين النباتات .

وفى بعض المناطق مثل ساحل البحر المتوسط فى ليبيا يقتضى تنفيذ التصميم الذى وصفناه خلال الصيف خصوصا لحماية النباتات من العواصف الرملية شديدة الحرارة التى تهب من الصحراء غير أن الجو خلال فصلى الربيع والخريف يلائم نمو النبات ويمكن نزع الغطاء البولى استر وتخزينه لإستخدامه مرة أخرى . أما فى الشتاء فدرجة الحرارة منخفضة نوعا ، وقد يحدث الصقيع فى بعض السنوات ، ولذا يقتضى حماية النباتات بواسطة غشاء من البوليثين الممدود فوق الأسلاك . وقد أشرنا إلى تسخين المحلول المغذى فى تقنيات الغشاء المغذى أثناء الليل بواسطة الحرارة المخزونة بواسطة المسطحات الشمسية (الخلايا) وفقد الماء بواسطة النتح سوف يقل نتيجة لتكثف البخار على السطح الداخلى للبوليثين . فإذا كان سطح البوليثين معالجا ليقلل جذبه السطحى ، فالماء المكثف يتدفق نازلا على سطحه إلى قنوات الغشاء المغذى ومنها إلى الخزان .

والأمل فى زراعة إقتصادية فى بعض مناطق العالم ذات الماء القليل والمناخ

القاسى هو فو إنشاء نظم منخفضة التكلفة مع أقل ما يمكن من وسائل الحماية صممت لتحفظ الماء وتقلل الآثار الضارة لدرجات الحرارة شديدة الارتفاع .

زراعة الأشجار تحت ظروف غير ملائمة :

عند استزراع أشجار فى الأرض ذات قوام رملى ناعم سهل النقل بالرياح فى منطقة جافة مع استخدام نظام الرى بالرش برشاش علوى فإن جذور الأشجار تكون سطحية ولا تثبت جيدا بالتربة . وفى حالة استخدام الرى بالتنقيط فإن الرمال السافية تؤدى إلى تغطية خطوط التنقيط ، ويصعب فى هذه الحالة التحقق من أن منقط كل شجرة يقوم بوظيفته وليس مسدودا . أما فى حالة « جهاز » الغشاء المغذى فالرمال التى تنقلها الرياح سوف تتراكم بجوار القنوات (قنوات) الغشاء المغذى) ، وإذا كان تصميم القنوات جيدا فلن تمتلىء بالرمال بل تتحول تدريجيا إلى « قنوات » تحت الأرض » ويعمل خط الأشجار المزروعة — فى القنوات — على تجميع الرمل المنقول بالرياح فوق قنوات الغشاء ويزيد دفنها تحت الرمال وهو ما يزيد ثبات الأشجار . وتظل القنوات كمصدر ماء تحت سطح الأرض يوفر الماء والمغذيات للأشجار . وعند امتلاء القنوات تماما بجذور الأشجار تبزغ بعض الجذور من أعلى القناة — إذا كان تصميمها صحيحا — وتبدأ فى النمو فى الرمل الخارجى ويصل إليها الماء بالخاصية الشعرية فيزداد ثباتها فى التربة .

كما تنمو الأشجار الصغيرة أيضا فى نظام الغشاء المغذى أفضل من نظم الزراعة المعتادة لتوفر الماء والمغذيات بصفة مستمرة وغير متغيرة وضمانها حتى تحت ظروف الحرارة والجفاف وسفى الرمال .

إذا لم يكن ممكنا زراعة الأشجار فى مواقعها الدائمة باستخدام نظام الغشاء المغذى ، فمن الممكن استخدام هذا النظام فى إكثار الأشجار — الشتلات — كوسيلة لتنميتها بعد زراعتها . ففى كثير من مناطق العالم حتى تلك التى تسقط عليها بعض أمطار قليلة ، لا تروى الأشجار بعد غرسها ، فهى تترك لتحيى أو

تموت ، فإذا كانت هذه الأشجار قد نمت قبل غرسها فى صوبة ذات نظام الغشاء المغذى لأمكن التحكم فى ظروف نمو الجذور ، أى أن الشجرة تُنمى منذ البداية تحت ظروف صعبة (غير ملائمة) فيبطىء نموها حتى تصبح نباتا قويا متخشبا فتكون له فرصة أفضل فى البقاء والنمو بعد الغرس . أما إذا نتج نبات سريع النمو طرى عصيرى فإن فرصة صموده تكون ضئيلة . وظروف النمو فى نظام الغشاء المغذى تقتضى تنمية الأشجار فى محلول ذى CF عال ، وينتج ذلك نموا بطيئا قويا . وإذا عرف مقدما أن الشجرة سوف تتعرض لتركيزات عالية من الصوديوم والمغنسيوم فيمكن تنمية هذه الشجرة ــ مقدما ــ فى نظام الغشاء المغذى مع استخدام محلول يحتوى تركيزات عالية من الصوديوم والمغنسيوم ، وبذا تتعود الشجرة على هذه الظروف قبل غرسها . وعلى وجه عام من الضرورى أن يكون الإختلاف بين ظروف النمو بعد الغرس وقبله أقل ما يمكن لضمان نجاح النبات . وكذا إذا عرف أن الشجرة بعد غرسها سوف تعانى نقص الماء ، فمن الممكن تربية الشتلة فى صوبة الغشاء المغذى مع تعويدها على أى درجة من درجات العطش .

وتدفق المحلول المغذى أما أن يكون بصفة مستمرة أو متقطعا . ويمكن وضع ساعة يضبط عليها أى درجة من تدفق المحلول وبالتالى أى درجة من تعطيش النباتات ، وبذا يمكن إنتاج نباتات تستطيع أن تعيش تحت أقل قدر ممكن من الماء الذى يمنع موتها .

والطرق المعتادة لإكثار الأشجار لا تعطى مجموعا جذريا يستطيع التعايش مع العطش الشديد ، فإذا كان إكثار الشجرة قد تم فى وعاء ــ قصرية ــ فإن المجموع الجذرى يكون محصورا فى الوعاء ويصبح ملتويا حول نفسه ، ومثل هذا الجذر لا يتلاءم سريعا بعد نقله إلى الأرض ولا يكوّن الجذيرات والشعيرات الجذرية التى تنتشر فى التربة بسرعة لتبحث عن الماء ، وإذا كانت الشتلة قد نمت فى الأرض فعند نزعها تتمزق نسبة كبيرة من المجموع الجذرى وتترك بالتربة فمثل هذا النبات يعانى عند غرسه فى الموقع الجديد من مجموع

جذرى صغير ، بينما تتميز النباتات التى تُنمَّى فى قنوات الغشاء المغذى « بحصيرة » من المجموع الجذرى مكعبة الشكل ، ولا يكاد يفقد من الجذور شيء عند نقل النباتات من القنوات لغرسها بالتربة ، وثمة طريقتان لزراعة شتلات أشجار الغشاء المغذى ، الأولى أن تحفر فى تربة الحقل حفر ذات شكل يلائم مكعبات الجذور التى كانت بقنوات الغشاء ، وقد سبق وصف ذلك وأشرنا إلى أن هذه الطريقة تستخدم عندما تكون الرطوبة الأرضية مركزة فى الطبقة السطحية من التربة ، والثانية أن نحفر حفرة عميقة ضيقة ويوضع بها الجذر المكعب الشكل ثم يعاد ردم الحفرة بالتراب ، ويكون فى هذه الحالة جزء من المجموع الجذرى على عمق فى التربة حيث قد يوجد بها زيادة من الرطوبة الأرضية ، ويحدد عمق الحفرة بطول المجموع الجذرى ، وهذا يمكن زيادته فى نظام الغشاء المغذى بتوسع المسافة بين النباتات فى القنوات ، وبذا يمكن الحصول على جذور طويلة ، ولا يفقد من الجذور شيء عند نقل النباتات لأن الجذور ـــ فى القنوات ـــ لم تختلط وتتشابك ببعضها .

وفى حالة إنتاج شتلات أشجار الغابات بطريقة الغشاء المغذى يزداد معدل نجاح الشتلات المغروسة فى الظروف غير الملائمة . كما أنه يمكن خفض العمالة اللازمة للإشراف على أشجار الغابة لإختصار العمليات إلى عمليتين بسيطتين هما غرس البادرات فى القنوات ونقلها بعد وصولها إلى الحجم المناسب ، فلا يوجد عمليات أخرى مثل الرى والتسميد بالصوبة لأن ذلك يتم ذاتيا (أوتوماتيكيا) كما لا يوجد مقاومة للحشائش أو عناية بالموقع حيث يمكن إعداده ليكون مستديما ، والأفضل إنشاؤه من الأسمنت أو بدائل أخرى أرخص .

إنتاج المطاط والصمغ :

إذا صممت قنوات الغشاء المغذى بحيث لا تمتلىء بالتربة عندما تغطيها التربة ـــ كما سبق أن وصفنا ـــ يصبح من الممكن غرس أشجار المطاط فى

مواقعها الدائمة ، وعندما تملأ حصيرة الجذور القنوات تنمو بعض الجذور فوق سطح القنوات وتبدأ فى شغل الأرض المحيطة بها وتستقر شجرة المطاط طبيعيا فى التربة ولو أن بعض جذورها يظل فى القنوات ، ويمكن أن يطلق عليها « المجموع الجذرى المغذى » بينما الجزء من الجذور الذى ينمو بالأرض يمكن تسميته « بالمجموع الجذرى المثبت » .

ويوفر المجموع الجذرى المغذى للماء والعناصر الضرورية للتغذية عند أى مستوى نرغب فيه فهو نظام مغلق ، كما يمكن إضافة أية مواد أخرى نرغب فى إضافتها بالتركيز المرغوب ، ومن هذه المواد التى قد نرغب فى إضافتها الاثيلين إذ المعروف عنه أنه يعمل على تشجيع تدفق الصمغ Latex فبإذابة الإثيلين فى دورة الماء فى قنوات نظام الغشاء المغذى يصبح ممكنا ليس فقط أن نزيد انتاج الصمغ بل أن نزيد توقف تدفق الصمغ حسب رغبتنا . ويعتبر هذا المجال جديرا بالدراسة .

ويمكن الحصول على المطاط أيضا من نبات صحراوى اسمه جوايول Guayule (Parthenium argentatum) وهو من قبيلة الهليانتوس Helianthus tribe من العائلة المركبة Compositac family ، وبالنسبة إلى قصر هذه الشجيرة التى لا يتعدى طولها نحو متر واحد ، فمن الممكن زراعتها فى القنوات العادية لنظام الغشاء المغذى أى لا داعى للقنوات تحت الأرضية ، ويقدر محتوى شجيرة الجوايول من المطاط بنحو ١٠ ــ ٢٥٪ من وزنها ويحتوى المجموع الجذرى نحو ثلث محتوى النبات من المطاط وميزة نظام الغشاء المغذى أنه يمكن حصاد جميع النبات نظيفا بما فى ذلك الجذور حتى يمكن تصنيعها مباشرة . وتشمل عملية التصنيع الغلى والعصر والتنقية .

إنتاج مصادر الطاقة :

يتوقف إنتاج غاز الميثين (الغاز الطبيعى) من نواتج انحلال المواد النباتية على مداومة مد « غرفة الهضم » بكميات كبيرة من المواد القابلة للإنحلال

(بيوماس Biomass) ، ومن الضرورى أن تنخفض تكلفة إنتاج البيوماس حتى يكون سعر الميثين معقولا ، ويحقق نظام الغشاء المغذى ذلك ، وقد أوضحنا فى مكان آخر من هذه الصفحات دور انتاج الحاصلات بنظام الغشاء المغذى فى فصل العناصر المغذية من وسائل الصرف الصحى ، ويختلف نوع النبات الذى يستخدم فى هذا الغرض باختلاف المناخ غير أنه دائما يكون نباتا سريع النمو طوال العام تحت ظروف جوية معروفة عند تنميته فى نظام الغشاء المغذى فى الهواء الطلق وهى نفس الظروف التى تؤدى إلى إنتاج غاز الميثين بأقل تكلفة ، ويستخدم سائل الصرف الصحى بالمزرعة فى إنتاج البيوماس أساسيا للتخلص مما يسببه من تلوث البيئة واستخدامه لإنتاج الميثين يمكن اعتباره فضلا عن أن مزارع الصرف الصحى تكون عادة قرب التجمعات السكانية حيث يزداد الطلب على الغاز . وعلى ذلك فاستخدام نظام الغشاء المغذى لانتاج الحاصلات فى مزارع الصرف الصحى لتقليل تلوث البيئة الذى ينتج عن سوائل الصرف الصحى وفى نفس الوقت إنتاج الغاز الرخيص على نطاق واسع ليصبح ازدواجا جيدا . ولو أن استخدام الغشاء المغذى لإنتاج البيوماس الذى ينتج الميثين لا يتوقف على مزارع الصرف الصحى .

ويعتبر انتاج الجليسرول باستخدام الغشاء المغذى أمرا هاما . وقد اتضح من بعض الدراسات أن الألجى Dunatiella parva الذى ينمو فى مياه شديدة الملحية (يوجد بماء البحر الميت) يحتوى نسبة عالية من الجليسرول تصل إلى نحو ٨٠٪ من وزنه الجاف ، ويرى كوبر أنه إذا كانت هذه الدراسات مؤكدة فإن انتاج الجليسرول على نطاق واسع من الألجى لا يحتاج إلا إلى الماء الملحى وأرض صحراوية وأشعة الشمس وجهاز الغشاء المغذى ، ومعروف أن طرية الغشاء المغذى توافق نمو الألجى وبذا يصبح انتاجه أمرا سهلا .

وتستخدم قنوات عريضة مفتوحة يتدفق فى قاعها غشاء من ماء يؤخذ من البحر ويعاد إليه أى أن الماء هنا لا يدار من الخزان إلى القنوات ثم إلى الخزان وهكذا فى نظام مغلق كما هى الحال فى تقنيات الغشاء المغذى المعتادة ، وتوضع

فى قاع قنوات المغذى حصيرة شعرية ذات شعيرات قوية ، تبذر « بذور » الألجى على الحصيرة الشعرية ، وعندما يتكاثر الألجى ويكون سمكا مناسبا من النمو ترفع الحصيرة الشعرية من القناة بواسطة تيار قوى من الماء ويدفع هذا التيار أغلب الألجى فى أنبوبة حيث يكون معلق يوجه إلى حيث يتم معاملته وتصنيعه . وتعاد الحصيرة الشعرية مرة أخرى وعليها من الألجى ما يكفى لإعادة دورة النمو ذاتيا .

استخدام تقنيات الغشاء فى تنقية الماء :

يوجد عدد من التطبيقات التى يمكن بها استخدام تقنيات الغشاء المغذى فى تنقية الماء . وأحد هذه التطبيقات هى الزراعة السمكية Fish farming . فنواتج إخراج السمك فى المزرعة السمكية تغنى الماء بالعناصر الغذائية . وبسبب قذارة الماء فإنه يكون من الضرورى إحلاله بماء عذب جديد . وهذا يسبب مشكلة لأنه يقتضى التخلص من كمية كبيرة يوميا من مثل هذه المياه . فإذا أفرغنا هذا الماء بدون معاملة فى النهر فإن زيادة تركيز العناصر فى الماء تزيد مشكلة التلوث . ولحسن الحظ فإن درجة الـ pH المثلى ودرجة حرارة الماء المثلى لكثير من السمك مقبولة بالنسبة لتقنيات الغشاء المغذى . فلو مررنا هذا الماء الغنى بالعناصر الغذائية (ماء المزرعة السمكية) وسمحنا له بالتدفق خلال نظام الغشاء المغذى بمعدل ما بحيث يتدفق خارجا من النظام مرة واحدة — دون دوران — إلى المكان المهيأ للتخلص منه ، وإذا كانت المساحة ا ـزرعة بنظام الغشاء المغذى مناسبة فإن هذا الماء الذى يترك النظام يكون خاليا من معظم العناصر إذ يكون النبات قد امتصها . وبذلك يمكن إعادة استخدام هذا الماء مرة أخرى فى المزرعة السمكية بدلا من تفريغها والتخلص منها .

ومن الدراسات التى قام بها Harman بانجلترا عند استزراع الأعشاب grass بنظام الغشاء المغذى وجد أن نموها كان جيدا بإستخدام الماء المنصرف من مزرعة سمكية وأن إزالة العناصر من الماء بعد استخدامه فى تنمية الأعشاب كان

بصورة مناسبة . وكان معدل التدفق للماء فى قنوات الغشاء المغذى ٣ لتر فى الدقيقة لكل قناة . ويوضح جدول رقم ٢٦ التحليل الكيميائى لماء هذه المزرعة .

جدول رقم ٢٦

تحليل مياه مزرعة سمك استعملت فى تنمية العشب grass
بنظام الغشاء المغذى (pH = ٦,٤ - ٦,٩)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
كالسيوم	٢٢ - ٢٦
كلوريد	١٨ - ٢٥
نحاس	أقل من ١٠ر
حديد	٣ر - ٦ر
مغنسيوم	٣ر٤ - ٧ر١
نيتروجين	٦ر - ٩ر
فوسفور	٢ر - ٥ر
بوتاسيوم	٢ر٥ - ٢ر٨
سليكون	٣ر٧ - ٤ر٢
صوديوم	٩ - ١٠
زنك	أقل من ١٠ر

وتستخدم تقنيات الغشاء المغذى لتنقية سوائل الصرف الصحى . وهذه المعالجة تشبه أساسا حالة مياه المزرعة السمكية . ففى محطة الصرف الصحى تعامل المخلفات بطريقة تفصل المادة الصلبة (الحمأة) Sludge عن الجزء السائل Liquid effluent . ولحسن الحظ فإن كل العناصر الثقيلة ترسب وتفصل مع

المادة الصلبة Sludge . ويوضح جدول رقم ٢٧ تحليل السائل من محطة صرف فى انجلترا . ويلقى مقدار كبير من سوائل الصرف الصحى فى البحار أو فى الأنهار وهو ما يسبب مشكلة تلوثها . وقد أجريت محاولات فى إنجلترا لإستخدام تقنيات الغشاء المغذى لإنتاج الأعشاب grasses لتقليل محتوى سوائل الصرف الصحى من العناصر قبل تفريغها والتخلص منها . كما قام Eion Scott بالولايات المتحدة الأمريكية بدراسات على إستخدام تقنيات الغشاء المغذى فى تنقية سوائل الصرف الصحى من الشوائب العضوية .

جدول رقم ٢٧

تحليل سائل صرف صحى (pH = ٦,٥ ، CF = ١٥ - ٢٠)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
كالسيوم	٤٠
كلوريد	٤٠ - ٧٥
مغنسيوم	١٥
نيتروجين	١٦ - ٤٥
فوسفور	٣,٣ - ٥,٥
بوتاسيوم	١٥
صوديوم	٨٠

وهدف معظم تطبيقات التنقية هو إزالة العناصر ، ولذا يقتضى وجود مزرعة للغشاء المغذى تنمو بها الحاصلات طول العام فى الهواء المطلق بمعدل سريع كافٍ لإزالة العناصر من الماء المتدفق خلال النظام . كما يمكن فى حالة الضرورة استخدام بعض المواد النباتية الناتجة لتوليد الميثان لتدفئة السائل الذى يدخل نظام الغشاء المغذى ، حتى نحصل على أعلى معدل نمو خلال الفترات الباردة .

وفى المناطق الجافة من العالم يغلب أن يكون الماء المتاح قليلا وملحيا أيضا .
وتحت هذه الظروف يحسن أن ترتبط محطة الصرف ومزرعة الغشاء المغذى .
فإذا وضع سائل الصرف الصحى خلال جهاز أو وحدة الأسموذية العكسية
reverse osmosis كما سبق وصف ذلك فالماء النافذ سوف يحتوى من
٥ ــ ١٠٪ من المواد المذابة فى سائل الصرف الصحى . ويمكن استعماله فى
نظام غشاء مغذى مقفل لإنتاج المحاصيل المطلوبة . وتحت هذه الظروف يقل
التلوث ويقل فقد الماء والعناصر الغذائية . أما المحلول المركز (فى طريقة عكس
الاسموذية) فيوفر معظم العناصر المغذية المطلوبة . وتستبعد الميكروبات
المرضية بحيث يكون الماء النافذ والمحلول المركز خاليين منها . ومن الممكن فى
هذه الظروف استخدام أصناف نباتية مقاومة للأملاح ذات غدد ملحية Salt
glands فى نظام الغشاء المغذى لتقليل أثر ملحية المياه .



الباب السادس

مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

- تقنيات الغشاء المغذى الأصلية
- الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى



مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

تقنيات الغشاء المغذى الأصلية :

بالنسبة إلى حداثة تقنيات الغشاء المغذى فهى لذلك سريعة التطور ، وهذا يعنى أملا كبيرا فى المستقبل . وتحتوى التقنيات الأصلية عددا من المعوقات التى قد تحول دون إنتشار استخدامها . إذ تحتاج إلى استثمارات كبيرة وخبرة بالعديد من التجهيزات ذات الصلة الوثيقة بفسيولوجيا وتغذية النبات والكيمياء وتشغيل الأجهزة الألكترونية المعقدة ، لأنها تتطلب أن يتوفر لكل خزان جهاز لقياس رقم الـ pH وآخر لقياس التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى وجهاز لإمداد المحلول بالكميات اللازمة لضبط رقم الـ pH وتركيز المغذيات بالمحلول عند قيم ثابتة محددة .

وللاحتفاظ برقم الـ pH ثابتا فى المحلول المغذى من الضرورى رصد تركيز الهيدروجين بهذا المحلول فى الطريقة الأصلية لتقنيات الغشاء المغذى ، بمعنى أن الجساس (الالكترود) الذى يقدر هذا التركيز يظل مغمورا بصفة دائمة فى المحلول المغذى ، ويظل شغالا بصفة مستمرة . وأجهزة تقدير رقم الـ pH ذات حساسية شديدة لأى تغيرات حتى ولو لم تعمل باستمرار ، فالتقدير ، الصحيح لا يستمر طويلا ، كما أن الأقطاب (الألكترودات) تحتاج إلى صيانة مستمرة يطلق عليها عملية التنظيم Buffering حتى تعطى قيما صحيحة باستمرار . وفى معظم الدول لا يستطيع الزراع تنفيذ عمليات صيانة أقطاب جهاز الـ pH ، ومعروف أن جميع الأجهزة معرضة لأعطال مختلفة وإصلاح هذه الأجهزة يحتاج إلى متخصصين وزيارات هؤلاء المتخصصين ليست مكلفة فقط ، بل تحتاج إلى وقت حتى تتم فيتعرض المحصول إلى متاعب غذائية حتى يتم إصلاح الأعطال . ومثل هذه الزيارات تكون عن طريق هيئات متخصصة ، وبالتالى فإن وجود وحدات الغشاء المغذى يرتبط بوجود هيئات الصيانة والإصلاح وهى ليست متوفرة فى بعض الدول . ولذا إذا كنا نعمل

على إنتشار استخدام تقنيات الغشاء المغذى فى هذه الدول ، حيث لا توجد شركات الصيانة ، فمن الضرورى التخلص من مشكلة أجهزة الرصد والأمداد .

الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى :

الضرورى أن تكون تجهيزات هذا الجيل الثانى من تقنيات الغشاء غير مكلفة ، شديدة البساطة وسهلة التشغيل . والجهود التى بذلت ولا زالت تبذل فى تطوير هذه التقنيات ، والبحوث التى قاربت الاكتمال سوف تثمر تقدما هاما ، وهدف هذه الدراسات والبحوث هو تطوير التقنيات الأصلية للغشاء المغذى إلى جيل ثانٍ من هذه التقنيات يتميز بما أشرنا إليه من إنخفاض التكلفة والبساطة وسهولة التشغيل .

وأُقترح للتخلص من مشكلة تغير رقم pH المحلول أن تنمى النباتات فى أوعية كبيرة من الورق المقوى ملئت بالمادة العضوية المنحلة Compost ثم نقل هذه الأوعية إلى القنوات ، وبالنسبة لحجم الأوعية الكبيرة فإن المحلول المتدفق يرطبها ، ويظل رقم pH السماد حول جذور النبات ثابتا تقريبا . ويوجد عدد من الإعتراضات على هذه الوسيلة هى :

١ــ تكلفة زراعة النباتات فى أوعية كبيرة ملئت بالمادة العضوية عالية سواء فى الاستثمارات اللازمة لها أو أجر العمالة .

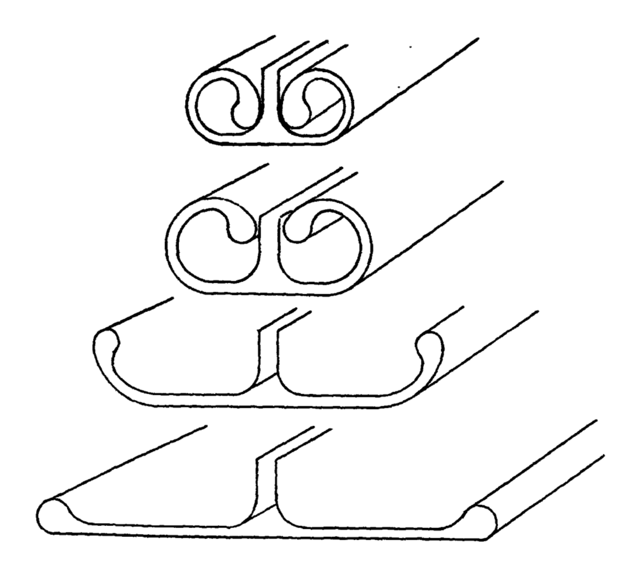
٢ــ تعمل الأوعية الكبيرة كسدود فى القنوات مما يعوق التدفق ويزيد عمق المحلول وهو أمر غير مرغوب .

٣ــ كثير من الدول بالمناطق الجافة ونصف الجافة فقيرة فى السماد البلدى .

٤ــ عند تطبيق طريقة الغشاء المغذى فى الهواء الطلق (خارج الصوب) يكون استعمال الأوعية الكبيرة المملوءة بالسماد أمرا واضح الصعوبة .

من أجل ذلك فاستخدام الأوعية الكبيرة أمر غير مقبول كحل مشكلة

الطريقة الأصلية . ويرى كوبر Cooper أن حل هذه المشكلة فى الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى هو تصميم قنوات رخيصة ذات أشكال مختلفة وقابلة للتشغيل بحيث تكون ضيقة عندما يكون النبات صغيرا ويمكن زيادة عرضها كلما نما النبات . ولما كانت القنوات فى أول الأمر شديدة الضيق فإن هذا الضيق يساعد على تدفق المحلول ليرطب الجذور مهما كان ميل مقطعها ومهما كان النبات صغيرا . وبنمو النباتات يمكن توسيع عرض القناة حسب الرغبة .



شكل رقم (٥٢) ـــ قنوات الغشاء المغذى التى يمكن طيها طوليا

وفى تقنيات الغشاء المغذى الأولى نشأت مشكلة عندما أريد نقل هذه التقنيات إلى بلاد ذات مناخ أكثر دفئا ، فعندما تتعرض القنوات لأشعة الشمس ترتفع حرارة المحلول المغذى . وقد تم التغلب على هذه المشكلة فى الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى بعمل قنوات يمكن لفها طوليا كما هو موضح فى شكل رقم ٥٢ . ولما كانت اللفات الطولية تحتوى هواء فإنها تعمل كعازل يمنع ارتفاع حرارة المحلول . وعلى العكس فى الأجواء الباردة ، حيث يحسن تدفئة المحلول المغذى ، فإن لفات القناة التى تعمل كعاذل تقلل فقد الحرارة .

ويمكن صنع القناة ذات اللفتين الطوليتين من غشاء بوليثين رخيص . فاللفة المزدوجة لقناتين تجعل القناة شديدة الصلابة وبالتالى فإنها لا تتأثر بمنحنيات وتعرجات الأرض التى توضع فوقها وبذا تسهَّل وتقلل تكلفة إعداد موقع ذى إنحدار خالٍ من التعرجات وهو أمر هام فى تقنية الغشاء المغذى ، ويمكن وضع القناة الملفوفة على سطح الأرض مباشرة دون الحاجة إلى إنشاء أو توفير قاعدة صلبة من المعدن أو البولى ستيارين .

والميزة الأساسية للقناة الملفوفة هى أنها قابلة للتشكيل وتضمن أن المحلول يتدفق فى وسطها كما أنها عازل جيد وذات صلابة مناسبة .

ومن الناحية النظرية يعتبر الحصول على أنبوبة ملفوفة امرا بسيطا غير أن تنفيذه أمر صعب ، فوضع قطعة من البوليثين ذات عرض ٧٥ سم وطول ٣٠,٥ م على الأرض وبالوقوف عند أحد الطرفين ومحاولة لف هذه الصفحة الطويلة الضيقة من كلا الجانبين فى نفس الوقت لتشكيل قناة ملفوفة عرضها ٥ سم وطولها ٣٠,٥ م ليس أمرا سهلا . وحتى إذا تم ذلك بنجاح فإن لف العديد من هذه القنوات بالسرعة الملائمة لخفض التكلفة ومع التأكد من أن قطر القنوات ثابت دائما أمرا صعب . وثمة سؤال يتبادر إلى الذهن ، إذا أمكن تنفيذ ذلك فكيف نتأكد أن القناة الناتجة ملائمة ؟

وقد قامت شركة Ariel Industries Ltd. ، وهى مجموعة شركات انجليزية

حيث يتوفر لديها العديد من المنتجات ، بتصميم آلة للف القنوات وقامت بتسجيل القناة الملفوفة ، وبالتالى فإن أحد مكونات الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أصبح متاحا على المستوى التجارى .

وفى نفس الوقت قامت شركة .Nutrient Film tech. Ltd فى ,Hook Lane Alding bourne, Chichester, England مع Airal Industries باختبارات عن إمكان الاستغناء عن أجهزة الرصد والتغذية المعقدة المستخدمة فى الجيل الأول من تقنيات الغشاء المغذى وذلك أيضا على نطاق تجار واسع ، وهذا التبسيط هو أحد متطلبات الجيل الثانى من هذه التقنيات . وبالنسبة لعدم الثقة فى استمرار التيار الكهربائى أو عدم وجود الطاقة الكهربائية فى بعض الأماكن ببعض الدول النامية فإن التبسيط قد سار شوطا آخر وأمكن صنع تجهيزات الغشاء المغذى من الجيل الثانى لا تحتاج إلى طاقة كهربائية . وترجع أفكار الجيل الثانى للعمل الرائد لرئيس شركة أريل Ariel Industries ، وأساس تحقيق هذه الأفكار هو تقسيم تقنيات الغشاء المغذى إلى قسمين :

أولاً : العمل الحقلى اليومى ذو الصلة بالعناية بالنباتات وهو مسئولية الزارع الأولى الذى أمكن تحقيقه بوجود مركز صغير كامل التجهيزات .

ثانياً : العمل التكنولوجى المتصل بقياس وضبط pH المحلول وتركيزه ، وهذا القسم فى الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أصبح مسئولية مركز متخصص وأصبح دور الزارع مبسطا حاليا خاليا من أية تعقيدات .

أمكن التوصل إلى هذا التقسيم بالدارسة المستمرة لأرقام التحليل الكيميائى الأسبوعى للمحلول المغذى وحساب علاقة هذه الأرقام مع أشعة الشمس وطور نمو النبات ودرجات حرارة المحلول والهواء ، والرطوبة النسبية السائدة ومن كل ذلك أمكن تحديد الاحتياجات الغذائية بالنسبة لأهم النباتات التى تنمى باستخدام هذه التقنيات وأمكن تحضير مخلوط الأملاح اللازمة لمدة سبعة أيام قادمة . وقامت شركة إريل Ariel Industries بتعبئة هذه الكميات من

مخاليط الأملاح فى حقائب بلاستيكية مقفلة وتحتوى عددا من الخلطات ويكفى محتوى كل حقيبة لرفع التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى درجة واحدة حسب نوع المحصول والمساحة .

وتحول العمل الروتينى لتقنيات الغشاء المغذى جذريا عما كان أصلا ، إذ يقوم المركز التكنولوجى بشحن العدد اللازم من حقائب المخاليط كل سبعة أيام وما على الزارع إلا أن يضع عينه من المحلول المغذى كل يوم فى مقياس محمول باليد يوضح مباشرة عدد الحقائب اللازمة . ويذاب هذا العدد فى وعاء به ماء يترك لينقط ببطىء طوال اليوم فى أنبوبة استقبال المحلول الراجع فى نظام الغشاء المغذى . وتتم العملية جميعها فى بضــع دقائق وتكلفة التجهيزات شديدة الانخفاض ولا تحتاج لأى صيانة . وكذا يضاف الحامض إلى المحلول المغذى للمحافظة على pH ثابت بنفس الطريقة ، وبذا يحصل النبات على حاجته لمدة سبعة أيام . ويتم ذلك ــ كما أشرنا ــ باستخدام تجهيزات حديثة للتحليل والحساب فى المركز التكنولوجى ، وتتم التعبئة فى مركز الامدادات باستخدام آلات حديثة وبذلك لا يضطر الزارع الصغير إلى أن يمارس أعمال الاخصائى فى الفسيولوجيا والكيمياء والهندسة بل عليه أن يركز اهتمامه للعناية بالنباتات . أما الزارع الكبير فهو قادر على أن يوفر لنفسه هؤلاء الاخصائيين ، وفكرة الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أن توفر للزارع الصغير فى الدول النامية أكثر المزايا التى لا يستفيد منها ــ حتى الآن ــ إلا الزارع الكبير فى الدول المتقدمة . ولنضرب مثلا لتوضيح هذه النقطة بمنطقة الميريا **Almeria** بأسبانيا الواقعة على البحر الأبيض المتوسط والتى تتمتع بأفضل مناخ يلائم إنتاج الحاصلات مبكرا بأوروبا ، وهى المنطقة الوحيدة فى أوروبا الخالية من الصقيع وشتاؤها مشمس وبها ماء غزير جيد غير أنها لا تحتوى أرضا ، وبالرغم من ذلك ولمزاياها الأخرى الكثيرة فيها مساحة شاسعة تبلغ نحو ١١ ألف هكتار من الحاصلات فى صوب بلاستيكية والأرض فى هذه الصوب أغلبها مغطى برمل مستورد وتكافح العائلات المتوسطة لتنتج الحاصلات ، وإدخال الجيل

الثانى من تقنيات الغشاء المغذى فى هذه المنطقة المزدحمة بالزراعة المحمية عن طريق مركز تكنولوجى يزيل الأثر السيء الناتج عن ندرة التربة ويمنح العائلات الكثير من المزايا التى يتمتع بها الزارع الكبير ويحقق لألميريا أن تصير المورِّد الأساسى للحاصلات الممتازة خلال الشتاء وأوائل الصيف لباق أوروبا . ومن أجل ذلك أقامت **Ariel Industries** بالاتفاق مع **Nutrient Film Tech.** محطة للتجارب والإنتاج فى الميريا **Almeria** كما هى الحال فى **Sussex** بانجلترا .

ومراكز التكنولوجيا كما وصفناها يجب أن يكون لديها أكثر طرق انتاج الحاصلات كفاءة وأحدث المعلومات لتخدم الزراع . ولتحقيق هذا الهدف فان **Ariel Industries** قد استثمرت نحو ٢ مليون جنيه انجليزى حتى الآن فى دراسة وتطوير تقنيات الغشاء المغذى . ولما كان العديد من الدول النامية فقيرا فى التربة الخصبة والماء الجيد والخبرة فإن الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى يمكنه التغلب على هذه المعوقات كما أن استمرار الرخاء الاقتصادى فى الدول المتقدمة يعتمد على خلق قوة شرائية مناسبة فى الدول النامية ويستطيع الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أن يساهم مساهمة فعالة فى كل ذلك .



المراجــع

أولاً : المراجع العربية

١ــ ابراهيم ، وعاطف أحمد : مشاتل اكثار المحاصيل البستانية .
منشأة المعارف ، الاسكندرية ١٩٨٧ ، جمهورية مصر العربية .

٢ــ الكنانى ، فيصل رشيد : زراعة الأنسجة والخلايا النباتية .
دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ١٩٨٧ ، العراق .

٣ــ بلبع ، عبد المنعم : خصوبة الأرض والتسميد .
دار المطبوعات الجديدة ، الاسكندرية ، جمهورية مصر العربية .

٤ــ بلبع ، عبد المنعم ، على بلبع ، ماهر جورجى ، سيد خليل ، حميدة السعيد : الزراعة المحمية .
دار المطبوعات الجديدة ، الاسكندرية ١٩٨٩ ، جمهورية مصر العربية .

٥ــ حسن ، أحمد عبد المنعم ، أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية « الصوبات » .
الدار العربية للنشر والتوزيع ، ١٩٨٨ ، جمهورية مصر العربية .

٦ــ سمير نوف ومورافين : الكيمياء الزراعة .
دار مير للطباعة والنشر ، ١٩٨١ ، موسكو .

٧ــ مجلة الزراعة العربية ، موضوعات متفرقة .

٨ــ ابراهيم حبيب ، سمير عبد الوهاب والشربينى عبد الرحمن :
الزراعة المحمية ــ جامعة القاهرة ، التعليم المفتوح ، ١٩٩٣ .

ثانياً : المراجع الأجنبية

References :

1- Cooper, A. 1982. Nutrient film Techmique. Grower Books, London.

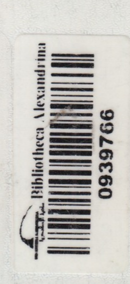
2- Phillips, A.H., 1941, Gardoning without soil C.ARTHUR PEARSON LTD. Southampton street, London. W.C.2.

3- Y.A. Godin B.A. 1984, Agricultural chemistry, Translated from the Russian edition (1982), Mir Publishers, Moscow.

4- Nonomura, A.M. and A.A. Benson, 1992, the path of carbon in photosythesis : Improved orop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. USA Vol 89 : 9794-9798, 1992.

رقم الإيداع ٤٣٥٨ /١٩٩٥
الترقيم الدولي I.S.B.N. 977-03-0005-0

مركز الدلتا للطباعة
٢٤ شارع الدلتا - اسبورتنج
تليفون : ٥٩٥١٩٢٣


Bibliotheca Alexandrina
09339766